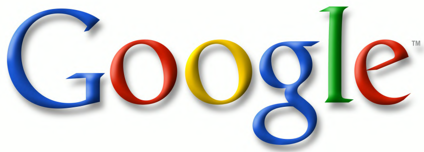
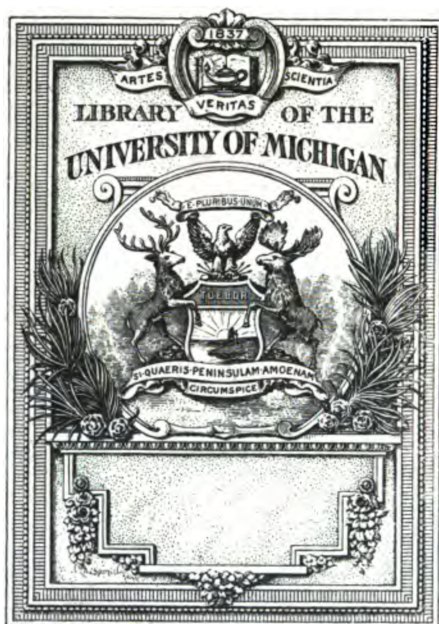



1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

Jahrbuch

der

Erfindungen

und Fortschritte auf den Gebieten

der

Physik, Chemie und chemischen Technologie, der Astronomie und Meteorologie.

Begründet von H. Gretschel und H. Hirzel.

Herausgegeben von

A. Berberich,
Mitglied des Königl. astronom. Rechen-Instituts in Berlin,

Prof. Dr. G. Bornemann, und **Dr. Otto Müller,**
Lehrer für Chemie / Lehrer für Physik
an den technischen Staatslehranstalten in Chemnitz.

Fünfunddreißigster Jahrgang.



Mit 19 Holzschnitten im Text.

Leipzig
Verlagsbuchhandlung von Quandt & Händel.
1899.

Inhaltsübersicht.

Astronomie.

Physik und Meteorologie.

Seite

Chemie und chemische Technologie.

Jahrbuch der Erfindungen.

I.

Astronomie.

Die Sonne.

Die Spectrochemie der Sonne hat im vergangenen Jahre einige beachtenswerthe Thatsachen ergeben. W. N. Hartley und H. Ramage hatten nachgewiesen, daß das Metall Gallium auf der Erde ein weit verbreitetes Element ist. Dann fanden sie Gallium auch in Meteoriten. Ein Spectrum, das sie mittels eines Gitterspectrographen aufgenommen hatten, enthielt zwei Hauptlinien mit den Wellenlängen 417·2215 und 403·3125 $\mu\mu$. In Rowland's Verzeichniß der Sonnenlinien sind zwei Linien 417·2211, dem Aluminium zugeschrieben, und 403·3112, unbekannten Ursprungs aufgeführt. Offenbar gehören beide Linien dem Gallium an, zumal die erstere Linie im künstlichen wie im Sonnenspectrum die stärkere von beiden ist. Dem Aluminium wurde sie blos irrthümlicher Weise zugeschrieben, indem die genannten Forscher in allen aluminiumhaltigen Mineralien (Bauxit, Schieferthon), sowie in metallischem Aluminium Gallium gefunden haben [1]).

Daß im Spectrum der Sonnenflecken Vanadium vorkommt, haben Young und neuerdings A. L. Cortie wahrscheinlich gemacht [2]). Es tritt nämlich in den Fleckenspectren eine Linie bei 624·35 $\mu\mu$ verbreitert auf, die nach Rowland's Tabellen mit einer Vanadiumlinie identisch sein könnte. Auch andere Linien dieses Metalls scheinen in gleicher Weise in den Flecken afficirt zu werden. Vanadium würde also ähnlich sich verhalten wie Eisen, Titan u. a. Nun hat B. Hasselberg bei einer genauen Prüfung des Vanadiumspectrums im Bogenlicht gefunden [3]), daß von den mehreren hundert Linien eine beträchtliche Anzahl mit Linien des

---

1) Nature Bd. LVII p. 575.
2) Monthly Notices Bd. LVIII p. 370.
3) Astrophysical Journal Bd. IX p. 143.

Sonnenspectrums übereinstimmen. Aus der Schwäche der Sonnenlinien geht hervor, daß die Quantität des Metalls auch auf der Sonne verhältnißmäßig gering ist. Ferner untersuchte Hasselberg eine große Anzahl Meteoriten auf Vanadium und stellte dessen Vorkommen in allen Steinmeteoriten fest, während in den Eisenmeteoriten keine Spur des Metalles zu finden war.

Wie schon früher berichtet (Jahrb. XXXI, 8), haben Hale in Chicago und Deslandres in Paris seit 1891 Aufnahmen der Sonne mit einem Spectralapparate gemacht, in welchem durch einen besonderen Spalt von dem erzeugten Spectrum nur eine schmale Stelle, z. B. eine ausgewählte Linie Zugang zur photographischen Platte erhält. Indem der Apparat vor der Sonne vorübergeführt wird, bildet sich diese im Lichte jener Linie ab; die Helligkeitsabstufungen in dem erlangten Sonnenbilde kennzeichnen die Art und Weise, wie der Stoff, von dem jene Linie stammt, auf der Sonne vertheilt ist. Indem das Licht der auf einem breiten dunklen Absorptionsbande hell erscheinenden Calciumlinie H oder K benutzt wurde, lieferte der „Spectroheliograph" Sonnenbilder, auf denen zahlreiche helle, wolkige Fleckchen, ähnlich den Fackeln beim Sonnenrande, dem Aequator entlang die ganze Zone erfüllen, welche den Hauptherd der Fleckenbildung darstellt. Deslandres hat solche Aufnahmen seit 1893 regelmäßig ausgeführt[1]), um die Beschaffenheit der Chromosphäre und die Häufigkeit der von ihm „Fackelflammen" genannten Lichtwölkchen andauernd überwachen zu können. In dem ursprünglichen Apparate hatte das Sonnenbild 50 mm Durchmesser, während ein seit 1897 im Gebrauch befindlicher Apparat ein 85 mm großes Bild liefert. Lichtfleckchen oder Fackelflammen sieht man über die ganze Sonnenscheibe verbreitet und eine Art Netz bilden. Die größeren neuen Bilder zeigen in den Maschen dieses „chromosphärischen" Netzes noch schwächere, engere Maschen. Es ist anzunehmen, daß fortwährend aus dem Sonneninneren Gasblasen von verschiedener Größe auftreten, deren Spitzen die hellen Fleckchen sind, die wohl der auf gewöhnlichen photographischen Bildern der Sonne, sowie bei directer Beobachtung sichtbaren „Granulation" der Photosphäre entsprechen. Die Zahl der Fackelflammen hat sich seit dem letzten Fleckenmaximum nicht merklich verändert. Dies stimmt mit älteren Ansichten von Sonnen-

1) Comptes Rendus Bd. CXXVI p. 879.

forschern (Respighi u. A.) überein, daß die Periodicität der Sonnenthätigkeit sich mehr in den Erscheinungen von größeren Dimensionen ausspreche, daß dagegen kleine Eruptionen und die Begleiterscheinungen jederzeit in ungefähr gleichem Maaße vorkämen. Auf einigen Aufnahmen, auf welchen Flecken zufällig genau am Sonnenrande stehen, befindet sich an dem Ort der Fleckenkerne eine Lücke in der Chromosphäre. Daraus würde folgen, daß die Chromosphäre über den Flecken gänzlich fehlt oder doch nur eine geringe Dicke oder Dichte besitzt. Indem die Wärmeabsorption durch diese Schicht über den Flecken wegfällt, strahlen diese in der Mitte und an den Randpartien der Sonne in gleicher Weise ihre Wärme in den Raum, während bei der Photosphäre, der eigentlichen Sonnenoberfläche, die Wärme- wie die Lichtstrahlung am Rande der Sonnenscheibe viel geringer ist als in deren Mitte.

Das Bild, welches die Sonnenoberfläche im Jahre 1898 dargeboten hat, war im Allgemeinen ein sehr gleichförmiges. Traten auch einige Male sehr große Flecken auf, so war doch die Gesammtthätigkeit innerhalb der Sonnenatmosphäre sehr schwach geworden, was schon aus der großen Zahl (54) fleckenfreier Tage hervorgeht. Im Anschluß an die früheren Angaben in diesem Jahrbuche führen wir zunächst wieder die auf der Sternwarte des Collegio Romano in Rom von Tacchini festgestellten Zahlen über Häufigkeit und Größe der Flecken und Fackeln an[1]):

1898	Relative Häufigkeit		Relative Größe		Tägliche Zahl der Fleckengruppen
	der Tage ohne Flecken	der Sonnenflecken	der Sonnenflecken	der Fackeln	
Januar . . .	0·00	7·84	37·80	71·64	2·72
Februar . . .	0·14	14·64	50·09	72·27	2·87
März	0·20	10·31	48·50	83·50	2·25
April	0·17	6·17	16·50	130·00	1·72
Mai	0·00	6·96	24·92	98·40	1·73
Juni.	0·33	4·57	7·67	87·14	1·52
Juli	0·47	3·33	9·47	78·24	0·63
August . . .	0·14	11·89	44·78	91·62	2·18
September .	0·00	10·40	59·47	64·14	1·83
October . . .	0·00	14·57	52·20	115·33	2·97
November . .	0·04	12·26	22·91	70·00	2·83
December . .	0·32	2·84	13·92	61·60	0·96

1) Memorie degli Spettroscopisti Italiani Bd. XXVII, XXVIII.

Aus den Beobachtungen Guillaume's in Lyon[1]) ergaben sich folgende Monatssummen der von den Flecken und Fackeln eingenommenen Flächenräume, jene in Millionteln, diese in Tausendteln der uns zugewandten Sonnenhälfte ausgedrückt.

1898	Flecken	Fackeln	1898	Flecken	Fackeln
Januar	818	15·6	Juli	209	16·6
Februar	1161	24·4	August	1091	23·6
März	1350	19·3	September . .	1968	25·5
April	589	21·8	October	1315	18·5
Mai	608	23·2	November . . .	775	21·3
Juni	157	22·4	December . . .	445	21·2
Summe	4683	126·7	Summe	5803	126·7

Wie in der zweiten Hälfte von 1897 so überwog auch im ganzen Jahre 1898 die Zahl der Flecken auf der südlichen jene auf der nördlichen Sonnenhalbkugel; es waren nämlich erschienen 85 südliche und nur 47 nördliche Flecken, 136 südliche und 98 nördliche Fackelgebiete.

Die Fleckenarmuth des vorigen Jahres wäre noch auffälliger, wenn nicht einige außerordentlich große Sonnenflecken aufgetaucht wären. Mitte Februar war eine Gruppe in 8° südl. Breite mit freiem Auge sichtbar, deren Länge 5′ (über 200000 km) betrug. Die Oberfläche des Hauptflecks war das 2·7 fache der Erdoberfläche. Eine noch größere Gruppe befand sich einen Monat später an nahe derselben Stelle, nur um 5° südlicher; der Hauptfleck derselben war fast 5 mal so groß als die Oberfläche der Erde. Beide Gruppen blieben durch drei Rotationen der Sonne bestehen; sie scheinen dem nämlichen Thätigkeitsgebiete anzugehören. Die Fackelregion, in der sie entstanden, besaß eine Ausdehnung von 50° in Länge und 20° in Breite, mehr als das 200fache der Erdoberfläche. Eine Gruppe von seltener Größe war sodann im September sichtbar geworden[2]). In Greenwich wurde sie zum ersten Male am 3. Sept. beobachtet als einzelner Fleck mit dunklem Hofe inmitten einer Kette heller Fackeln. Dieser Fleck wuchs bis zum achtfachen der Erdoberfläche, andere Flecken bildeten sich in seiner Nachbarschaft, darunter einer 1·2 und einer 1·4 mal so groß als die Erde. Ihre größte Entwickelung erreichte die Gruppe am 10. Sept. mit einer Oberfläche von 2300 Millionteln der sichtbaren Sonnen-

1) Comptes Rendus Bd. CXXVII, CXXVIII.
2) Observatory Bd. XXI p. 375, 403, 451.

hälfte. Tags zuvor kreuzte sie den Mittelmeridian der Sonne. Sie hatte die häufig vorkommende Form einer dem Aequator parallelen Fleckenkette angenommen, an deren Spitze der Hauptfleck stand. Am 29. Sept. kam die Gruppe wieder hinter der Sonne hervor; ihre Fläche war noch 4·9 mal, die des Hauptflecks 4·1 mal so groß als die Erde. Eine kleinere Gruppe, ein geradliniger Strom von Flecken, ging ihr um 20° voraus. Eine neue große Gruppe erschien am 22. Oct. am Ostrande; ihre Fläche war das siebenfache der Erdoberfläche. Als Rest der großen Septembergruppe war am 5. Nov. noch ein kleiner, fast kreisrunder Fleck mit schmalem, dunklem Hofe zu sehen; Denning sah ihn mit starker Vergrößerung vollkommen kraterförmig. Eine größere Gruppe von 150 000 km Durchmesser passirte am gleichen Tage den Mittelmeridian.

W. E. Wilson bestimmte durch Messungen mit dem Radiomikrometer von Boys die Wärmestrahlung des Septemberflecks [1]); sie betrug am 4. Sept. 0·24 und am 9. Sept. 0·37 der Photosphärenstrahlung an der Mitte der Sonnenscheibe, war also sehr gering. Die kleinste Zahl, die Wilson bisher bekommen hatte, 0·292, betraf den großen Fleck vom August 1893. Die größere Strahlung vom 9. Sept. scheint durch die Anwesenheit mehrerer Lichtbrücken über der Gruppe bedingt zu sein. Unter Anwendung eines tiefrothen Blendglases vermochte Wilson Nebelwolken über dem Fleckenkerne zu erkennen, die man für Wasserstoffprotuberanzen halten kann, da im Spectrum die C-Linie über dem Kerne hell erschien.

Um die Zeit des Durchgangs des Septemberflecks durch den Mittelmeridian der Sonne maaß L. Ambronn am Göttinger 6zöll. Heliometer wiederholt die Länge des Sonnendurchmessers, der durch die Fleckengegend ging, sowie die Länge einiger Nachbardurchmesser [2]). Der erstere wurde stets kleiner erhalten als letztere, freilich nur um Beträge, die wenig größer sind als die zufälligen Beobachtungsfehler (etwa 70 km). Die Unterschiede waren am 13. Sept. = 144 km; am 14. und 15. Sept. = 80 km; wenn sie reell wären, würden die Flecken allerdings tiefer liegen als die umgebende Photosphäre; doch kann auch eine Täuschung durch Irradiation vorliegen.

1) Observatory Bd. XXI p. 379.
2) Astron. Nachrichten Bd. 148 S. 323.

Starke magnetische Störungen, die in Beziehung zu großen Flecken zu stehen schienen, wurden wiederholt beobachtet [1]). Am 11. März, als die oben erwähnte Fleckengruppe den Mittelmeridian der Sonne passirte, traten am Nachmittage und Abend schwächere Störungen der Magnetnadel ein; diese wurden am 14. um 9^h Vorm. sehr lebhaft und nahmen allmählich bis zu einem Maximum in der Nacht vom 15. zum 16. März zu, an welchem Tage sie um 8^h Vorm. wieder erloschen. Es war dies seit Juli und Aug. 1892 in allen magnetischen Elementen die stärkste Störung; in Declination erreichte sie nach den Beobachtungen zu Greenwich den Betrag von 1° 21′. Ein glänzendes Nordlicht wurde vom 15. zum 16. März in England, Dänemark und auch in Deutschland wahrgenommen. Auch die Septembergruppe war von magnetischen Störungen begleitet, die in dem großartigen Nordlicht vom 9. Sept. ihren Gipfelpunkt erreichten. Als sie den Mittelmeridian der Sonne am 6. Oct. zum zweiten Mal kreuzte, blieben die Störungen aus. Dagegen trat eine Welle von 20′ Amplitude in der magnetischen Declinationscurve am 28. Oct. auf, zehn Stunden nachdem die große, am 22. erschienene Gruppe durch die Mitte der Sonne gegangen war.

Eine erhebliche Verminderung ergeben Tacchini's Tabellen auch für die Zahl und Größe der Gasausbrüche am Sonnenrande [2]):

1898	Zahl der Beobachtungstage	Mittlere Zahl der Protuberanzen	Mittlere Höhe der Protuberanzen	Mittlere Ausdehnung der Protuberanzen	Größte Höhe der Protuberanzen
Januar . . .	18	2·67	31·5″	1·3°	60″
Februar . . .	14	2·57	30·8	1·2	75
März	13	2·38	31·2	1·4	86
April	16	3·44	27·6	1·1	64
Mai	25	1·08	19·9	0·8	40
Juni	24	3·00	32·4	1·1	60
Juli	29	2·10	29·6	1·0	60
August . . .	27	2·85	33·7	1·1	84
September .	25	4·80	36·1	1·3	122
October . . .	21	4·05	29·7	1·1	55
November. .	11	2·00	32·6	1·5	62
December . .	17	3·18	31·6	1·4	48

1) Observatory Bd. XXI p. 178, 375.
2) Mem. Spettr. Ital. Bd. XXVII, XXVIII.

Die mittlere Höhe der Protuberanzen betrug 1898 nur wenig über 30″ oder etwa 22000 km; die von Tacchini beobachtete höchste Protuberanz stieg auf kaum 90000 km, blieb also 30000 km unter der Höhe der bedeutendsten Eruption des Vorjahres.

A. Mascari in Catania gibt eine ausführliche Beschreibung einer Protuberanz, die er am Morgen des 24. Juni 1897 beobachtet hat[1]). Sie stand um $10^h\ 2^m$ als leuchtende, von oben nach unten gestreifte Wolke über dem südöstlichen Sonnenrande von dem ihr tiefster Punkt 58″, der oberste 173″ entfernt war. Sie theilte sich dann in zwei große Massen, die mit ungleichen Geschwindigkeiten emporstiegen, aber nahezu die gleichen Höhen erreichten, nämlich 312″ uud 325″. Während des Aufstiegs verminderte sich ihr Glanz immer mehr und in den genannten Höhen lösten sie sich völlig auf, so daß um $13^h\ 23^m$ keine Spur mehr von ihnen übrig war. Aus dem Gesammtergebniß der Sonnenbeobachtungen zu Catania im Jahre 1897 mögen zur Vergleichung mit den vorjährigen Angaben folgende Zahlen hier Platz finden: Die mittlere tägliche Anzahl der Fleckengruppen war 2·61, die der Flecken und Poren 17·54 und die der Protuberanzen 4·59; die letzteren erreichten im Durchschnitt eine Höhe von 48·6″.

Totale Sonnenfinsterniß vom 22. Jan. 1898. — Die vorläufige Untersuchung der Aufnahmen, die während der letzten totalen Finsterniß auf den Stationen in Indien gelungen sind, hat manche wichtige Ergebnisse geliefert. Instrumente verschiedenster Art waren zur Anwendung gelangt: Doppelobjective von kurzer Brennweite, Fernrohre von sehr langer Brennweite (z. B. 11·5 m bei 10 cm Oeffnung und 13 m bei 1·5 cm Oeffnung), Spaltspectrographen, Prismatische Cameras und Polariskope.

Daß das Coronalicht zum Theil polarisirt ist, stellten Turner und Newall fest; indessen sind die Beobachtungen schwierig und besonders ist es unmöglich, den Grad der Polarisation zu bestimmen. Aufnahmen zu Viziadurg mit einem Gitterspectroskop an einem 6 zöll. Refractor lassen in den tieferen Coronaschichten die Gegenwart von Eisen erkennen.

Prismatische Cameras, photographische Apparate, vor deren Objectiv ein oder mehrere Prismen befestigt sind, waren auf den meisten Stationen in Gebrauch. Sie erzeugen so viele Einzelbilder

---

1) Mem. Spettr. Ital. Bd. XXVII p. 91.

eines Objectes neben einander, als das Object Strahlen verschiedener Wellenlängen aussendet. So wurden in Viziadurg mit einer 6- und einer 9 zöll. Camera 57 Aufnahmen von 1^s bis 50^s Belichtung gemacht. Die grüne Coronastrahlung (Kirchhoff's Scala 1474) ist bis zu 100 000 **km** Höhe nachzuweisen. Die Wellenlänge, bisher zu 531·68 $\mu\mu$ angenommen, wurde von Fowler zu 530·37 $\mu\mu$ bestimmt. Sie weicht bedeutend ab von zwei benachbarten Chromosphärenlinien, deren eine zu den unter gewissen Umständen verbreitert erscheinenden („verstärkten") Eisenlinien gehört. Die Coronalinie 398·74 $\mu\mu$ reichte bis 32 000 km, 423·13 $\mu\mu$ bis über 16 000 km Höhe über der Sonnenoberfläche. Die von Hills zu Pulgaon erhaltenen Aufnahmen des Coronaspectrums zeigen außer mehreren schwachen Linien die hellen Linien 398·7, 423·3, 436·0, 456·8 und 531·7 $\mu\mu$ mit den relativen Intensitäten 5, 10, 3, 8, 8. Das von der grünen Strahlung erzeugte Bild der Corona erschien sehr glänzend; doch war von der strahligen Structur der letzteren nichts zu entdecken. Nur einige breite Lichtflecken traten auf diesem Coronaringe stellenweise deutlich hervor. Ein Zusammenhang zwischen ihnen und den Protuberanzen schien nicht zu bestehen, außer vielleicht bei drei Protuberanzen des Nordwestquadranten. Mit einer 2 1/4 zöll. prismatischen Camera photographirte Evershed zu Talni bei 30^s Belichtung die Corona, deren Structur im Lichte der grünen Linie 531·7 gut ausgeprägt ist. Nur ist sie am Ostrande der Sonne viel heller als am Westrande, wo sie kaum zu erkennen ist. Ferner sind in diesem Spectrum viele Chromosphärenlinien sowie die ganze Reihe der Wasserstofflinien von Hα an sichtbar.

Kurz vor und nach der Totalität, wo nur noch ein Theil des Sonnenrandes als schmale Sichel unbedeckt ist, liefert die prismatische Camera eine ganze Reihe von Sichelbildern, die den hellen Linien des im gewöhnlichen Spaltspectroskop gesehenen Chromosphärenspectrums entsprechen. In einem gegebenen Augenblick werden die einzelnen Sichelbilder ungleich lang sein, d. h. einen größeren oder kleineren Bogen am Sonnenumfang umspannen, je nachdem das Licht, in dem sie leuchten, aus größerer oder geringerer Höhe in der Chromosphäre stammt. Denn an den Sichelspitzen ist nur noch die höchste Schicht der Sonnenhülle frei. Aus der Länge der Bögen kann man daher die Höhe bestimmen, bis zu welcher eine gewisse Substanz in der Sonnen-

atmosphäre emporreicht. So hat Evershed 20ˢ und 12ˢ vor der Totalität mit der Prism. Camera die Sonne aufgenommen, als die freie Sichel in der Mitte noch 8″ bezw. 4″ breit war. Das Spectralbild zeigt sehr deutlich die Fraunhofer'schen Linien in Sichelform, nur sind sie weniger dunkel als im gewöhnlichen Sonnenspectrum. Die Calciumlinien H und K sowie die Wasserstofflinien von Hβ (F) an sind sogar hell; die Strahlung der Chromosphäre überwiegt bereits über die Absorptionswirkung der Sonnenatmosphäre. Eine andere Aufnahme dauerte von 2ˢ vor bis 2ˢ nach Beginn der Totalität. In dem direct sichtbaren Spectralgebiete (Roth bis Blau) haben sich auf der Platte nur die stärksten Linien abgebildet; dagegen ist das Ultraviolett dicht mit hellen Linien besetzt. Die Sichelbögen umfassen 40° von der Sonnenperipherie, woraus sich die Tiefe der Schicht, aus der die Linien stammen, zu 1·5″ (1100 km) im Maximum berechnet. Der größte Theil der hellen Chromosphärenlinien dürfte Fraunhofer'schen (Absorptions-) Linien des Photosphärenspectrums entsprechen. Eine vollkommene Umkehrung des letzteren, eine Umwandlung aller dunklen Linien in helle, ist nicht zu erwarten, da nicht anzunehmen ist, daß schwere und leichte Dämpfe in der über 1000 km hohen Chromosphärenschicht gleichmäßig vertheilt seien.

Eine Aufnahme des „Aufblitzens" des Sonnenrandes, also des Chromosphärenspectrums ist auch Prof. Naegamvala aus Madras gelungen. Zahlreiche Linien von Hβ bis Hη sind abgebildet worden. Auch eine Protuberanz, die im Lichte der Linien des Calciums (H und K) sowie der des Wasserstoffs leuchtete, ist auf der Platte zu sehen. Auf Lockyer's Station Viziadurg wurden von Secunde zu Secunde um die Zeit des Verschwindens und des Wiederauftauchens der Sonnensichel Momentaufnahmen gemacht. Eines der Negative enthält an tausend Linien. Es konnten folgende Höhen ermittelt werden, bis zu welchen gewisse Stoffe vorkommen:

Calcium (K)	9600 km	Calcium (422·7)	3200 km
Wasserstoff	7200 „	Magnesium	3200 „
Helium (447·1)	6400 „	Eisen 2c.	2300 „
Helium (402·6)	4300 „	Mangan	1800 „
Strontium	4300 „	Kohlenstoff	760 „

Einzelne Linien sind in hohen Schichten viel heller als in tiefen, so die Linien von Wasserstoff, Helium, Calcium (H, K) und eine Linie 468·62 $\mu\mu$, in der man die erste Linie in Rydberg's Hauptserie des Wasserstoffspectrums (Jahrb. XXXIV, 96) vermuthen könnte. Lockyer behauptet, daß zwischen den Chromosphären- und dem Absorptionsspectrum nur geringe Verwandtschaft bestehe; ein strenger Beweis hierfür ist noch abzuwarten. Gewisse Differenzen sind, wie schon bemerkt wurde, durch die ungleichförmige Vertheilung schwerer und leichter Stoffe erklärbar. Hills und Newall haben ebenfalls das Aufblitzen des Sonnenrandes aufgenommen und neben zahlreichen hellen auch viele dunkle Linien erhalten, die aber an Intensität von den Fraunhofer'schen abweichen. Hier kommt eben die helle Chromosphärenstrahlung zur Geltung, welche die Absorptionslinien entweder ganz oder nur theilweise auslöscht und damit die Intensitätsänderung bewirkt.

Die größte Ausdehnung zeigt die Corona auf zwei Aufnahmen, die zu Viziadurg mit einer Landschaftscamera gemacht sind; einige Strahlen sind 1·5⁰ lang. Indessen waren die äußeren Partien recht lichtschwach. Deswegen mißlang auch der von Newall unternommene Versuch Rotationsbewegungen der Corona aus Verschiebungen der Linie 531·7 $\mu\mu$ östlich und westlich von der Sonne zu ermitteln. Er hatte auf Orte eingestellt, die 8′ vom Sonnenrande abstanden, aber überhaupt kein Coronaspectrum mehr erhalten.

Die Planeten und ihre Monde.

Mercur und Venus. — Obwohl die Entfernungen dieser zwei Planeten von der Erde zu Zeiten keineswegs groß genannt werden können, ist über die Beschaffenheit ihrer Oberflächen nur schwer etwas Gewisses festzustellen. Die Ankündigungen eines Beobachters werden in der Regel nach kurzer Zeit durch die Wahrnehmungen, die von Anderen gemacht sind, umgestoßen und widerlegt. Man könnte deshalb leicht sich veranlaßt fühlen die Nachrichten über jene Gestirne mit Stillschweigen zu übergehen; indessen ist das Erkennen von Täuschungen und deren Ursachen in der Wissenschaft oft ebenso werthvoll wie das Entdecken neuer Wahrheiten. Die Schwierigkeiten, auf Mercur und Venus Oberflächengebilde deutlich zu sehen und zweifelfrei zu deuten hat für beide Planeten den gleichen Grund; diese Gestirne

stehen größtentheils nur am Tage über dem Horizont, also zugleich mit der Sonne, durch deren Wärmestrahlung unregelmäßige Luftströmungen erzeugt werden, die alle Bilder von Himmelskörpern unruhig und undeutlich erscheinen lassen. Die Luftunruhe hält gewöhnlich nach Sonnenuntergang noch einige Zeit an; nur die Morgenstunden vor Aufgang der Sonne bieten, bei sonst günstiger Witterung, verhältnißmäßig am häufigsten die Gelegenheit auf den zwei sonnennächsten Planeten Einzelheiten wahrzunehmen, die nicht auf Täuschungen beruhen. Es giebt freilich einige wenige Orte auf der Erde, deren Klima so günstig ist, daß selbst bei tiefem Stande der Gestirne deren Bild unbeweglich und klar im Fernrohr steht. Eines solch' vortrefflichen Klimas erfreut sich nach dem Urtheile sachverständiger Astronomen namentlich die Manora-Sternwarte auf Lussinpiccolo, deren Vorstand Leo Brenner neben sonstigen Vertrauen verdienenden Beobachtungen auch solche an Mercur und Venus angestellt hat. Hiermit stimmen in den wesentlichsten Punkten die von W. Villiger in München am dortigen 10 1/2 zöll. Refractor gemachten Beobachtungeu überein.[1])

Auf dem Mercur zeigten sich zumeist etwas verschwommene hellere oder dunklere Flecken, deren gegenseitige Abgrenzungen zuweilen charakteristische Formen besaßen. An letzteren waren Lagenänderungen in kurzer Zeit unverkennbar. Der Planetenrand erschien heller als die übrigen beleuchteten Oberflächentheile. Besonders hell waren oft, indessen nicht immer, die Hörnerspitzen. Als Beispiel mögen hier die Beschreibungen der halbmondförmigen Mercurscheibe an einigen Beobachtungstagen im Jahre 1896 folgen.

„10. Mai, $10^h 45^m$ Vorm. Die beiden Hörner sind matter leuchtend als der mittlere Theil, wo sich etwas südlich von der Mitte das Lichtmaximum befindet. Der helle Rand kommt nicht so stark zur Geltung wie bei der Venus. Hauptsächlich am südlichen Horn ist die Beleuchtung bedeutend schwächer. $2^h 10^m$ Nachm. Quer durch die Sichel zieht sich in der Mitte ein heller Streifen. In der Mitte der Lichtgrenze ist eine Einbuchtung sichtbar, und es scheint, als ob von hier aus ein dunkler Streifen schief abwärts in die helle Sichel hineinlaufe. In der Südhälfte

1) Annalen der Münchener Sternwarte, 3. Band.

ist ebenfalls eine hellere Stelle sichtbar. Um $4^h 30^m$ liegt das Lichtmaximum auf der Südhemisphäre. Das Südhorn ist durch eine dunkle Partie vom übrigen Theile getrennt; auf der Nordhälfte befindet sich an der Lichtgrenze ein heller Fleck. Ein von der Lichtgrenze schief nach unten verlaufender Streifen bildet die obere Grenze des hellen Flecks. Ein anderer dunkler Streifen geht quer durch die Scheibe etwas nördlich von der Mitte und biegt beim Planetenrande nach Norden um, dem er noch weiter nach Norden parallel läuft." Einige Aehnlichkeit mit letzterer Beschreibung zeigte das Bild am 11. Mai um 4^h Nachm. Im Juli hat Villiger bei entgegengesetzter Phase das Mercurbild an mehreren Tagen wiederholt gezeichnet und beschrieben, so am 10. Juli siebenmal von Morgens $4^h 40^m$ bis Mittags $12^h 15^m$. Ein ausgedehnter heller Fleck stand in der Aequatorgegend; um $4^h 40^m$ hing er in ziemlicher Breite mit dem hellen Planetenrande zusammen, während ein schmales helles Band von ihm zur Lichtgrenze lief. Um $6^h 0^m$ erschien er etwas schmäler. Um $7^h 10^m$ war er an der Lichtgrenze breit, dagegen verband ihn nur noch ein schmaler Streifen mit dem hellen Rande. Um $9^h 0^m$ stand der Fleck an der Lichtgrenze; vom Planetenrand trennte ihn eine dunkle Fläche. Um 10^h ist das Bild ganz anders; ein ausgedehnter heller Fleck reichte von einem im Aequator verlaufenden dunklen Streifen weit nach Süden. Die Zeichnung um $11^h 0^m$ zeigt diesen Fleck noch etwas größer. Die Veränderung des ersten Fleckes würde gut zu einer raschen Rotation passen; dann muß der von 10^h an sichtbare Fleck von jenem verschieden gewesen sein, worauf auch die Verschiedenheit der Lage deutet. Merkwürdig ist auch das Verhalten der Hörner. Anfänglich war das Nordhorn ausgedehnt hell, oder es erschien in seiner Nähe der helle Rand bedeutend erweitert; um 11^h wurde es nur als heller Punkt gesehen, nachdem schon um 10^h jene Erweiterung des Randes undeutlich geworden war. Das Südhorn war Morgens eine punktförmige helle Stelle, es blieb lange recht hell, erschien dagegen um $12^h 15^m$ auffallend matt. Am 12. Juli wurde von $4^h 30^m$ bis 10^h wieder ein heller Fleck etwas südlich vom Aequator gesehen, der nach seiner eckigen Begrenzung mit den ähnlich geformten Fleck vom 10. Juli identisch sein könnte. Villiger bemerkt selbst zu der um $10^h 0^m$ gemachten Zeichnung, daß der helle Fleck nach innen, d. h. vom Planetenrande gegen

die Mitte fortgerückt zu sein scheine. Um $5^h 35^m$ wurde am Südhorn eine größere helle Partie bemerkt, ebenso um $6^h 30^m$ am Nordhorne. Aehnlich erschienen die Hörner um 8^h. Um $2^h 45^m$ erschien das Nordhorn ausgedehnt hell, während die kleine helle Südhornspitze durch einen großen dunklen Fleck vom übrigen Theile getrennt war. Inzwischen war um $9^h 45^m$ ein heller Fleck im Norden vom Aequator sichtbar geworden, der um $2^h 45^m$ nach der Lichtgrenze zu von einem halbkreisförmigen dunklen Streifen begrenzt war. Einige Aehnlichkeit hiermit bietet die Zeichnung um $2^h 45^m$ am 13. Juli. Veränderungen des Mercurbildes, wie sie hier erwähnt sind, mögen zum Theil von Aenderungen im Luftzustande herstammen. Indessen ist die Wahrscheinlichkeit nicht gering, daß sich darin auch die Rotation des Planeten ausspricht, wenngleich nicht in eindeutiger Weise.

Viele Einzelheiten, helle und dunkle Flecken und Streifen, zeigen die Venuszeichnungen Villigers aus den Jahren 1895 bis 1897. Ohne darauf näher einzugehen führen wir hier andere, höchst wichtige Untersuchungen dieses Astronomen an, die eine Erklärung liefern für die widersprechenden Ergebnisse, zu denen verschiedene Forscher hinsichtlich der Venusrotation gelangt sind. Domenico Cassini hat um 1666 auf der Venus nur große, verschwommene Flecken und dem Rand parallele dunkle Streifen ohne Bewegung gesehen. Nur einmal beobachtete er einen scheinbar schnell laufenden Fleck, der sich in 36 Min. um 30° weiterbewegte und eine 7- bis 8stündige Rotation liefern würde, und zwar um eine nahezu in der Ekliptik liegende Axe. Eine solche Bewegung läßt sich nicht mit der Angabe vereinigen, daß dieser Fleck von Tag zu Tag nur um geringe Beträge sich verschoben habe, woraus eine Rotation von etwas weniger als 24 Stunden abgeleitet worden ist. Doch hat D. Cassini selbst Zweifel an diesem Resultate geäußert. Von 1726 bis 1727 beobachtete Francesco Bianchini sieben Flecken und glaubte dabei eine Umdrehungszeit von 24 Tagen angedeutet zu finden. In den nächstfolgenden Jahren machten Jacques Cassini und Maraldi vergebliche Anstrengungen auf der Venus Flecken zu sehen. Um zu einem Resultate zu gelangen, nahm J. Cassini an, daß Bianchini's Flecken in 24 Tagen 25 Umläufe ausgeführt hätten, und verband diese Beobachtungen mit jenen seines Vaters von 1666; so erhielt er eine Rotation von $23^h 22^m$, er

hatte jedoch übersehen, daß die Lage des Aequators von D. Cassini und Bianchini gerade entgegengesetzt bestimmt worden war; wenn nach der Bianchini'schen Hypothese die Flecken sich vom Süd- zum Nordhorn bewegen sollten, laufen dieselben nach D. Cassini umgekehrt von Nord nach Süden; denn bei beiden Beobachtern steht der Venusäquator sehr steil zur Ekliptik, ginge somit nahe durch die Hörnerspitzen.

Nach fünfzigjähriger Pause nahm J. H. Schröter in Lilienthal die Venusbeobachtungen wieder auf und setzte sie mit großem Fleiße von 1779 bis 1801 fort; die aus den scheinbaren Aenderungen im Aussehen der Hörnerspitzen berechnete Rotation von 23^h 21^m ist wieder ähnlich dem Cassini'schen Werthe. Gleichzeitige Beobachtungen Herschel's lieferten gar nichts sicheres. Auch Fr. v. P. Gruithuisen, der von 1813 bis 1847 die Venus häufig beobachtete, konnte zur Rotationsbestimmung nichts beitragen. De Vico leitete um 1840 eine Umdrehungsdauer des Planeten im Betrage von 23^h 20^m 15^s ab, eine Zahl, die nachher Jahrzehnte hindurch in allen astronomischen Werken unbedenklich als richtig aufgeführt worden ist. Sie beruht auf sehr vielen Beobachtungen und Messungen, aus denen gruppenweise Mittel gebildet wurden, die bis zu 40 Minuten von einander abweichen, die sich also eigentlich widersprechen. Der in den letzten zehn Jahren unentschieden andauernde Meinungsstreit, hervorgerufen durch Schiaparelli's Behauptung, daß die Venus der Sonne immer die nämliche Seite zuwende, daß also die Rotationsdauer gleich der Umlaufszeit (224 Tage) sei, ist den Lesern bekannt. Besonders gewichtig ist der von Brenner dagegen erhobene Widerspruch; dieser Beobachter erhielt die Rotationszeit gleich 23^h 58^m $36{\cdot}24^s$. Villiger weist auf eine Beobachtung von Stuyvaert vom 4. März 1892 und eine eigene vom 31. Mai 1896 hin, die ganz übereinstimmende Venusbilder geliefert haben und auf eine Rotation von 23^h 57^m $36{\cdot}38^s$ führen, einen dem Brenner'schen identischen Werth.

Wenn dieses Resultat richtig ist, dann können die den Beobachtern unbeweglich erscheinenden dunklen und hellen Gebilde nicht als wirklich vorhanden betrachtet werden. Sie müssen auf Täuschungen beruhen, deren Ursachen mannigfaltig sein können. Die Beugung der Lichtstrahlen an der Objectivöffnung erzeugt schon Licht- und Schattenstreifen sowie Flecken, zumal bei kleineren Fern-

rohren, wie man sie meist zu Venusbeobachtungen benützt. Dazu kommt die fast fortwährende Luftunruhe, welche ebenfalls die Lichtvertheilung ungleich macht. Diese beiden Ursachen sind aber schwer in Rechnung zu stellen; auch dürfte ihre Wirkung veränderlich sein und mehr zur Erklärung gewisser z. B. von der Höhe der Venus über dem Horizonte oder von der Helligkeit des Himmels bedingten Schwankungen im Aussehen des Planeten dienen. Genau untersucht hat Villiger den Einfluß der „Lichtvertheilung auf einer unvollständig beleuchteten Planetenscheibe". Nach dem Lommel-Seeliger'schen Gesetze der Lichtreflexion nimmt bei der halbmond- oder sichelförmigen Venusscheibe die Helligkeit vom Rande gegen die Mitte hin zuerst fast plötzlich an Intensität ab, hierauf mäßig bis zu einem gewissen Meridian, dessen Lage sich berechnen läßt, endlich bis an die Lichtgrenze wieder rascher. Die theoretisch gefundene Lichtabstufung wurde auf Scheiben dargestellt; bei der Betrachtung dieser Scheiben sahen mehrere Beobachter einen meridionalen, dunklen Streifen an jener Stelle, wo die Lichtabnahme ihren Gang ändert. Die Grenzregion zwischen mäßiger und rascher Lichtabnahme ruft also eine Augentäuschung hervor, indem man daselbst einen Schatten zu sehen glaubt. Um die Frage noch näher zu prüfen, hat Villiger Versuche an Kugeln aus Gips und Gummi angestellt. Die 5·5 cm großen Kugeln waren 400 m vom Fernrohre (5 zöll. Refractor) entfernt und wurden durch eine derart verstellbare Petroleumlampe beleuchtet, daß jede beliebige Phase erzeugt werden konnte. Man sah helle Polarflecken, die namentlich bei halbbeleuchteter Kugel sehr deutlich waren, den dunklen Meridianstreifen und den hellen Rand, letzteren an der Gummikugel viel schärfer als an der Gipskugel. Somit erweisen sich gerade jene Gebilde, aus denen Schiaparelli auf eine 224 tägige Rotation der Venus geschlossen hat, als physiologische Täuschungen, die sich mit den außerdem noch auftretenden reellen Flecken vermischen und deren Erkennung und Verfolgung erschweren.

Auch Antoniadi, Astronom an Flammarion's Sternwarte zu Juvisy bei Paris, sucht die Unhaltbarkeit der Schiaparelli'schen Ansicht darzuthun [1]). Es steht fest, daß die Venus von einer dicken Wolkenschicht verhüllt ist, von der das Sonnenlicht nur wenig geschwächt zurückstrahlt. Der dunkle Streifen, den man der Licht-

1) Monthly Notices Bd. LVIII. p. 313.

grenze parallel von einem zum anderen Horne verlaufen sieht, müßte, wenn er in Wirklichkeit existirte, eine Lücke in der Wolkendecke sein. Man kann sich durchaus nicht vorstellen, daß eine solche Lücke unbeweglich länger als einen Monat über den nämlichen Orten des Planeten verharre. Man müßte sonst annehmen, daß die Venusatmosphäre sich im Zustande fast völliger Ruhe befinde, trotzdem auf diesen Planeten die Sonnenstrahlung doppelt so kräftig einwirkt als auf die Erde. Die große Helligkeit am Rande und namentlich an den Hörnern erklärt Antoniadi als Folge der Perspective.

Vor allem hat man die Folgerung zu beachten, die aus einer etwaigen Gleichheit der Venusrotation und des Venusjahres sich nothwendig ergeben muß, daß alle Feuchtigkeit längst von der Tagseite in die Nachthalbkugel der Venus hinübergewandert sein müßte, wo sie als Eis dauernd erstarrt wäre. Der Planet könnte also keine Wolkenhülle besitzen, die doch zweifelfrei nachgewiesen ist. Diese im Jahrb. d. Erf. XXXIII, 25 auseinandergesetzte Consequenz ist auch von D. P. Todd in seinem interessanten Buche „A New Astronomy“ (S. 354) gezogen worden.

Die Erde. — Bekanntlich hat es eine Zeit gegeben, in welcher die Lehre vom Einflusse der Gestirne, ja sogar der willkürlich ersonnenen Sternbilder, auf die Erde und ihre Bewohner, besonders auf die Menschen selbst, als Wissenschaft galt und zu einem vollständigen Systeme ausgebaut war. Heute ist dieser Aberglaube — abgesehen von einigen unklaren Köpfen, die alles glauben — verdrängt durch die bessere Erkenntniß des Weltsystemes und der wahren Einwirkungen, welche fremde Weltkörper auf die Erde ausüben. Vor allen ist es die Sonne, die durch ihre Licht- und Wärmestrahlung das organische Leben auf der Erde erst möglich macht. Auch elektrische und magnetische Einflüsse gehen von der Sonne aus; es sei nur an die Beziehungen zwischen den Sonnenflecken und den Schwankungen der Magnetnadel erinnert. Auch unserem Nachbar, dem Monde, werden vielerlei Einwirkungen zugeschrieben — die einzige greifbare Wirkung rührt von der Anziehung des Mondes auf die flüssigen Oberflächentheile und auf die Atmosphäre her und äußert sich in den Gezeiten, in Ebbe und Fluth. Von dieser Naturerscheinung, deren nähere Erforschung mit großen Schwierigkeiten verbunden ist, hat der englische Mathematiker und Physiker G. H. Darwin eine ausführliche Schilderung gegeben, wobei er zugleich mit Erfolg versucht hat,

auf leichtfaßliche Weise ihre mannigfaltigen Formen zu erklären und die mitspielenden Kräfte zu zergliedern [1]).

Die Gezeiten bestehen in dem, unter normalen Verhältnissen zweimal täglich sich wiederholenden Steigen und Fallen des Meeresspiegels, das sich aber in Folge zahlloser zeitlicher und örtlicher Verschiedenheiten zu einem höchst verwickelten Probleme gestaltet. Periodische Wasserstandsänderungen einfacher Art sind an einigen Seen, z. B. am Genfersee beobachtet worden. Sie erfolgen in solcher Weise, als ob die ganze Wassermasse ähnlich einem Wagebalken um eine Mittelaxe eine Schaukelbewegung ausführe. Es können auch mehrere Axen vorhanden sein, so daß das Seewasser abschnittsweise pendelt, wodurch mehrere Wellen von großer Länge aber geringer Hebung entstehen. Ferner kann zur Längsschaukelung eine Querschaukelung hinzukommen und endlich machen sich sogar Dampfer auf große Entfernung hin durch die Schwingungen bemerklich, in welche sie die Oberfläche des Sees versetzen. Immerhin vermag man diese verschiedenen Bewegungen, deren Hoch- und Tiefstände an den einzelnen Orten am Gestade zu anderen Zeiten und in abweichenden Beträgen auftreten, bei genauer Untersuchung von einander zu unterscheiden und in ihren Ursachen zu erforschen. Eine Hauptrolle spielt hier wie bei den Gezeiten des Meeres die Form und Beschaffenheit der Ufer. Gleich einem Wasserwall oder einer Mauer drängt die Fluth in einige Flüsse ein, theils langsam, dann wieder plötzlich vorrückend und deshalb für den Schiffer eine große Gefahr, zumal in fernen wenig bekannten Ländern. Zuweilen scheinen sich auch die Fluthverhältnisse in kurzen Zeiträumen wesentlich umzugestalten, z. B. an der Mündung des Tsien-Tang-Flusses in China, wo die Fluthströmung erst in den letzten Decennien sehr gefahrvoll geworden ist.

Daß die Gezeiten ihre Ursache im Monde haben, scheint von den Philosophen des classischen Alterthums zuerst Posidonius, Cicero's Lehrer erkannt zu haben. Die Entdeckung der Gravitation durch Newton führte auch zur richtigen Deutung der Ebbe und Fluth; an der Ausarbeitung der mathematischen Theorie haben hervorragenden Antheil genommen Laplace, Airy, Lord Kelvin und G. H. Darwin selbst.

1) G. H. Darwin, the Tides and kindred phenomena in the Solar System. London, 1898.

Der Mond steht vom Erdmittelpunkt um rund 60 Erdhalbmesser ab. Die von ihm auf die einzelnen Theile der Erde ausgeübte Anziehung ist nicht genau die gleiche. Der dem Mond am nächsten befindliche Punkt der Erdoberfläche (in dessen Zenith gerade der Mond steht) wird der um $1/_{60}$ kleineren Entfernung gemäß stärker angezogen als der Erdmittelpunkt und dieser stärker als der mondfernste Punkt auf der Erde. Wird z. B. das Meerwasser am mondnächsten Punkte um 1 m mehr zum Monde angezogen als der Erdmittelpunkt, so wird es am mondfernsten Punkt, wo die Attraction noch geringer ist, um 1 m weniger angezogen als der Erdmittelpunkt; die Wasseroberfläche entfernt sich an beiden Punkten um je 1 m vom Mittelpunkt der Erde, es entsteht also an den entgegengesetzten Endpunkten des Erddurchmessers und deren Umgebung die Fluth, an den in der Mitte zwischen diesen Orten liegenden Gegenden die Ebbe. Ein Ort würde Fluth haben, wenn der Mond in seinem Zenith steht und wieder, wenn er den Mond im Nadir (Fußpunkt) hat, etwa 12·4 Stunden später; dazwischen trat Ebbe ein. Es ist also die Erdrotation, welche den Mond für jeden Ort, wenigstens in der Aequatorgegend der Erde, einmal im Tage in den Zenith und einmal in den Nadir bringt und so die periodische Wiederholung der Fluth erzeugt. Wäre die gegenseitige Stellung der Erdoberfläche gegen den Mond unveränderlich, würde die Erde dem Mond stets dieselbe Seite zuwenden, so bliebe der Fluthberg an zwei Orten — dem mondnächsten und dem mondfernsten festgebannt, die Erdkugel wäre deformirt und in der Richtung zum Mond verlängert. Die Sonne wirkt flutherzeugend in gleicher Weise wie der Mond; indessen erreicht die Sonnenfluth kaum den halben Betrag der Mondfluth und wiederholt sich in einem halben Tag, also in genau 12 Stunden. Fallen z. B. am 1. eines Monats Sonnen- und Mondfluth genau auf Mittag (und Mitternacht), so wird sich die letztere am 8. um nahezu 6 Stunden (2 mal 7 mal $0{\cdot}4^h$) verspätet haben und 6^h Abends (Morgens) eintreten; sie fällt also mit der Sonnenebbe zusammen. Es käme daher nur eine Fluth von halber Höhe zu Stande (Nippfluth). Wieder eine Woche später fallen wie am 1. beide Fluthen zusammen, das Wasser steigt auf das anderthalbfache der einfachen Mondfluth (Springfluth). Das Barometer zeigt ähnliche Bewegungen in der Erdatmosphäre an und Beobachtungen an labil aufgehängten Bifilar- und noch besser an Horizontalpendeln haben bewiesen, daß

selbst die feste Erdrinde dem vom Monde (und der Sonne) ausgeübten Zuge nachgibt und Gezeiten, wenn auch in minimalem Maßstabe erfährt (Jahrb. XXIX, 21).

Eine mathematische Berechnung der Gezeiten ist äußerst schwierig, wenn überhaupt möglich; es muß vielfach genügen, sich von den bestehenden Verhältnissen ungefähr Rechenschaft zu geben. Würde die Wirkung des Mondes, nachdem sie ganz kurze Zeit gedauert und die oben beschriebene Deformirung des Meeresspiegels erzeugt hat, sofort wieder aufhören, so würden doch im Meere Gezeiten in Form einer Wellenbewegung fortdauern, gleichwie ein ins Wasser fallender Stein eine auch nach dem Fall noch andauernde Bewegung der Oberfläche hervorruft. Die Fluthwelle pflanzt sich fort und erreicht auch solche Orte, die während der kurzen Dauer der Mondwirkung Ebbe gehabt haben. Erst die innere Reibung im Wasser und der Widerstand der Küsten wird diese Gezeiten schließlich zur Ruhe bringen. Wenn sich das Wasser an einem Orte hebt, so muß zum Ersatze Wasser von anderen Orten zuströmen. Diese einmal ins Leben gerufene Strömung dauert gleichfalls an und erreicht das Maximum ihrer Wirkung, die Niveauerhöhung am Orte der Fluth erst nach dem Moment des Zenithstandes des Mondes. Die einfache Wellenbewegung wird so durch die Strömungen erheblich complicirt und dies um so mehr, als die Geschwindigkeit der Wasserverschiebungen von der Wassertiefe, der Uferbeschaffenheit u. s. w. abhängig ist.

Somit führt schon diese Betrachtung einer blos vorübergehenden Einwirkung, wie sie z. B. ein nahe an der Erde schnell vorbeiziehender kleiner Planet ausüben würde, zu verwickelten Ergebnissen. Nun wirkt der Mond fortwährend, auf einen bestimmten Ort in wechselnder Stärke und Richtung. Bei einer gewissen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Fluthwelle kommt der Fluthberg auf seinem Wege um die Erde im gleichen Zeitpunkt zum Ausgangsorte zurück, in dem der Mond eine neue Fluth erzeugt. Die Niveauerhöhung wird vergrößert und dies bei jeder folgenden Fluth, so daß schließlich ein unendlich hoher Fluthberg entstehen müßte, — wenn die hierzu erforderliche, wachsende Wassermenge nicht mit ebenfalls wachsender Verspätung ankäme. Eher wäre der umgekehrte Fall denkbar, daß das Thal der Fluthwelle, die Ebbe nach Umwanderung der Erde mit der nächsten Fluth zusammentrifft und diese aufhebt, so daß die Niveauerhöhung unterbleibt. Dann fiele der

rückkehrende Fluthberg erst mit der dritten Fluth zusammen, diese verstärkend; an dem betreffenden Orte hätte man also nur eine Fluth im Tage statt zweier und solche Orte sind in der That bekannt.

Die hier angedeuteten Verhältnisse erschöpfen bei weitem nicht die Mannigfaltigkeit der in der Natur wirklich vorhandenen Erscheinungen. Ihre Betrachtung macht es aber begreiflich, daß man zufrieden sein muß, wenn die an einem Orte möglichen Gezeitenverhältnisse erfahrungsgemäß soweit erforscht sind, daß man im Voraus die zu erwartenden Fluthen angeben kann. Die Sache wäre ganz einfach, wenn der Mond (und ebenso die Sonne) in einer Kreisbahn liefe, die in der Ebene des Erdäquators liegt. Allein die Ebene der Mondbahn bildet mit dem Aequator einen Winkel, der in 18 Jahren zwischen 18° und 29° schwankt. Daher kann der Mond bis auf 1° sich dem Zenith von Kairo nähern, während er zu anderen Zeiten nur 4° vom Zenith der Capstadt entfernt ist. Dieser Wechsel des Aequatorabstandes bedingt bedeutende Unterschiede in den Momenten und Höhen der Fluth. In Folge der Excentricität der Mondbahn sind die Entfernungen des Mondes von der Erde und damit seine Anziehungskraft sehr veränderlich, letztere in Verhältniß von 1 zu 1·4. Es ist daher ein vieljähriges Beobachtungsmaterial für einen bestimmten Erdort, z. B. einen Seehafen, zu sammeln und dann nach allen möglichen Stellungen des Mondes zur Erde und zur Sonne zu ordnen. Dann kann man die Zeiten und Höhen der Fluth als Functionen des Mond- und Sonnenlaufes ausdrücken und damit die Vorausberechnung für künftige Jahre liefern. Diese Rechnung ist aber sehr mühsam, da sich ein Zeitpunkt des Hochwassers als Summe aus mehreren Dutzend Summanden darstellt. Man kann indeß die gesuchten Größen auch ganz mechanisch durch eine entsprechend construirte Maschine erhalten; eine solche ist in Indien im Gebrauch und arbeitet vorzüglich.

Die Gezeitenwellen pflanzen sich auf der Erde von Ost nach West fort, da sie dem langsam laufenden Monde folgen, während sich die Erde 29 mal rascher nach Osten um ihre Axe dreht. Jene Wellen sind somit ein Hemmniß, eine Bremse für die Erdrotation, die daher allmählich langsamer werden muß. Nach G. H. Darwin's Theorie wird durch die Attraction, welche die Fluthberge auf den Mond ausüben, dessen Bewegung gleichfalls verlangsamt und seine Entfernung von der Erde vergrößert, freilich in äußerst

geringem Maaße. Vor sehr langer Zeit müßte folglich der Mond der Erde viel näher gestanden haben, vielleicht bis zur Berührung. So wird man auf die Annahme geführt, der Mond sei entstanden durch Abschleuderung eines Stückes von der sehr schnell sich drehenden Erde. Vor der Abschleuderung würden Mond und Erde einen Körper gebildet haben von der Gestalt einer 8. Weltkörper dieser Form erblickt man unter den Nebelflecken, speciell den Doppelnebeln; allein die Größenverhältnisse sind total andere, indem jeder Theil dieser Nebelpaare vielfach ausgedehnter ist als unser ganzes Sonnensystem. Eher könnten einige veränderliche Sterne von kurzer Periode solche Doppelgestirne sein, z. B. nach den Untersuchungen von G. W. Myers der Stern U Pegasi, dessen Componenten sich fast bis zur Berührung nahe sein müssen.

Für eine sehr ferne Zukunft müßten die Gezeiten zur Folge haben, daß die Erde dem Monde stets dieselbe Seite zuwendet, worauf die Sonne noch eine weitere Verlangsamung der Erdrotation hervorbringen müßte, bis Tag und Jahr gleich sind, wie das Schiaparelli für Mercur und Venus behauptet. Daß in letzterem Falle ein Irrthum vorliegt, haben wir oben gesehen. Man darf auch nicht vergessen, daß eine weitere Schrumpfung des Erdballes zu einer Verkürzung des Tages führen müßte, wie auch statt der von Darwin berechneten Verlangsamung des Mondumlaufs thatsächlich aus unbekannten Ursachen eine Beschleunigung erfolgt.

Eine tiefergehende Betrachtung des Weltganzen wie seiner einzelnen Theile beweist immer wieder, daß unser Wissen Stückwerk ist und daß wir noch weit davon entfernt sind sichere Schlüsse über das „Werden und Vergehen“ im Universum ziehen zu können. Andererseits darf aber auch keine Erscheinung außer Acht gelassen werden; so unbedeutend das Gezeitenphänomen jetzt auf der Erde ist, so kann es doch einst große Wirkungen ausgeübt haben. Ganz zweifellos hat es aber eine große Rolle auf dem Monde gespielt, als dieser Weltkörper noch nicht so vollkommen erstarrt war wie zur Jetztzeit.

Der Erdmond. — In Paris haben Loewy und Puiseux die photographischen Aufnahmen des Erdbegleiters (Jahrb. d. Erf. XXXIV, 25) fortgesetzt und ein drittes Heft des „Atlas“ herausgegeben [1]), zu dessen einzelnen Blättern sie wieder ausführ-

1) Comptes Rendus Bd. CXXVI, p. 1539, 1603.

liche Erläuterungen hinzufügen. Dabei ergeben sich auch mehrere allgemeine Resultate von besonderem Interesse. Wie für das Auge der beleuchtete Mondrand unverhältnißmäßig hellglänzend erscheint, so wirkt derselbe auch auf die photographische Platte sehr stark ein. Diese abnorme Helligkeitszunahme kann aus den Gesetzen der Lichtreflexion rein geometrisch nicht erklärt werden; man muß vielmehr annehmen, daß die Randpartien des Moudes physisch anders beschaffen sind als die übrigen Theile der uns zugewandten Halbkugel. Dieser Satz ist aber nur mit einer Einschränkung giltig, daß nämlich die Randregionen eben sind. Wo Bergketten oder Wälle von Ringgebirgen am Rande stehen, bleiben die tiefgelegenen Thäler und Kessel, denen überall auf dem Monde ein dunkler Ton eigen ist, verdeckt und wir sehen nur hochragende Bergrücken und Spitzen, die sich regelmäßig durch große Helligkeit auszeichnen. Die von Loewy und Puiseux gegebene Erklärung macht mehrere Hypothesen nöthig. Eine wesentliche Rolle sollen die von der Erde veranlaßten Gezeiten gespielt haben; nachdem Gleichheit der Mondrotation mit dem Monat (Mondumlauf) eingetreten war, bewirkte die Erdanziehung eine Anhäufung des Flüssigen in der Mitte der Mondscheibe. Diese Gegend habe durch die damals noch glühende Erde eine bedeutende Erwärmung erfahren, während die Randpartien sich viel rascher abkühlten und zu dem Zustande relativer Ruhe gelangten, der ein frühzeitiges Erstarren ermöglichte.

Die neuen Aufnahmen lassen in den Polargebieten keine Spur von Eisbedeckung und ebensowenig von einer Erosion durch Wasser erkennen. Diese Thatsache ist von großer Bedeutung, da sie darthut, daß der Mond schon sehr lange wasserlos ist. Auch die Ungleichheit der Bodengestaltung in den zwei Polarzonen wird von den beiden Pariser Forschern wieder hervorgehoben und als Ursache eine Aenderung in der Lage des Mondäquators angenommen. Auf das ehemalige Vorhandensein einer Atmosphäre, die Staubtheilchen zu tragen vermochte, erinnern die hellen Streifen, die von Eruptionscentren ausstrahlen, sich bisweilen auf viele hundert Kilometer erstrecken und als die Linien aufzufassen sind, längs deren die von den Mondvulkanen ausgeworfenen Aschen niederfielen. Ablenkend wirkten Gebirgszüge, während in vertieften Becken, die damals noch flüssig waren, die sich ablagernden Aschen und dergleichen Stoffe untersanken, wodurch Lücken in einzelnen Streifen gebildet wurden.

Man kann die Frage aufwerfen, ob nicht einige solche tiefe Becken noch jetzt etwas Feuchtigkeit sich bewahrt haben und unter längerer Einwirkung der Sonnenstrahlen ihren physischen Zustand verändern. Manche Stellen des Mondbodens sind bekannt, die bei steigender Sonne immer dunkler werden, und in den Maren schimmert bisweilen eine grünliche Färbung durch. Auch in einzelnen Kratern bei der Lichtgrenze kommen grüne oder röthliche Farbentöne vor, die auf solche Veränderungen schließen lassen würden. Die Vergleichung photographischer Aufnahmen hat ebenfalls Beispiele geliefert, in denen ebene Stellen mit wechselndem Sonnenstande ihre Helligkeit im Vergleich zur Umgebung merkbar verändern. Freilich darf man hieraus nicht zu viel folgern. Farbenwechsel, also für die photographische Platte Helligkeitsveränderungen, können an gewissen Gesteinen schon in Folge der Bestrahlung eintreten. Man braucht deshalb bei den erwähnten Aenderungen von Mondflecken noch nicht an die Mitwirkung von Feuchtigkeit und noch viel weniger an Erscheinungen aus der organischen Welt zu denken.

Der Nutzen der photographischen Mondaufnahmen besteht vor allem in der Festhaltung eines Augenblicksbildes unseres Trabanten mit allen Einzelheiten, soweit diese nicht unter eine gewisse Größe herabgehen. Die Aufnahmen müssen aber an vorzüglichen Fernrohren und bei ruhiger Luft gemacht sein, da ihnen sonst die nöthige Schärfe fehlt. Die Untersuchung des feinsten Details wird aber noch lange eine Aufgabe der directen Beobachtung bleiben. Als Beispiel sei das Rillensystem beim Ringgebirge Triesnecker erwähnt. Gruithuisen hat dasselbe schon 1814 in seinen auffälligeren Theilen gesehen und beschrieben, die damals schon in ihrer heutigen Form existirt haben müssen; die Hauptrille schätzte er 275 km lang. Im Jahre 1830 hat Mädler mehrere dieser Rillen gefunden, dagegen hatte Lohrmann sie nicht bemerkt und erst auf Grund einer Zeichnung Gruithuisen's einen Theil derselben erkannt. Letzterer sah sie seit 1837 nur noch selten und konnte auffälligerweise am 26. Jan. 1840 bei günstiger Lage der Lichtgrenze keine Spur derselben erkennen. Eine sehr schöne Zeichnung der Gegend hat am 20. Dec. 1898 J. N. Krieger in Triest angefertigt[1]) an seinem auf 6 Zoll abgeblendeten 10 zöll.

1) Bull. Société Belge d'Astronomie Bd. IV p. 97.

Refractor. Auf einem Raume von kaum 150 000 Quadratkilometern (so groß wie Süddeutschland) besitzen die von Krieger gesehenen Spalten eine Gesammtlänge von 4200 km. Sie ziehen sich von den Ringgebirgen Raethicus, Triesnecker und Ukert nahe der Mondmitte bis zum 20. Grad westl. Länge zu Sabine, Ritter, Arago und Maclear. Ueber 1000 km Rillen durchsetzen vorwiegend in nordsüdlicher Richtung die Gegend westlich neben Triesnecker, die allerwärts noch von kleinen Kraterchen erfüllt ist. Die weitesten Rillen messen gegen 2000 m in Breite; dagegen waren andere Spalten an der Grenze der Sichtbarkeit, also wohl nur etliche hundert Meter breit. Ganz ähnlich zeichnet Brenner diese Gegend auf Tafel VI seiner „Astronomischen Rundschau". Aus solchen Abbildungen ersieht man, daß die Rillen Gebilde sein müssen, denen auf der Erde nichts Aehnliches zur Seite gestellt werden kann. Die Cañons in Colorado verrathen überall die Wirkung des Wassers, das auf dem Monde fehlt; die in vulkanischen Gegenden der Erde vorkommenden Spalten sind von verschwindender Schmalheit gegenüber so vielen Mondrillen und das Gleiche kann von den Spalten in den Lößgebieten z. B. in China gesagt werden. Wenn der Ursprung der weitausgedehnten Ringgebirge in Einsenkungen um ein Centrum gesucht werden darf, dann sind die Rillen als Bruchlinien in dem, starke Senkungen erfahrenden Mondboden aufzufassen. Ph. Fauth macht darauf aufmerksam, daß eine derart entstandene schmale, aber tiefe Spalte durch Abbröckelung der Wände sich beträchtlich erweitern kann [1]. Eine Spalte von 45 m Breite und 75 m Tiefe würde sich auf 100 m, eine Spalte von 100 m Breite und 500 m Tiefe auf 450 m erweitern.

Die interessante Frage der „wahrscheinlichen Temperaturgrenzen auf der Mondoberfläche" hat neuerdings F. W. Very in einem Vortrag auf der zweiten Harvard-Conferenz amerikanischer Astronomen am 25. Aug. 1898 ausführlich behandelt [2]. Dieses Problem ist hauptsächlich aus dem Grunde so verwickelt, weil man die mineralogische Beschaffenheit des Mondbodens nicht kennt und deshalb aus der gemessenen Mondstrahlung

1) Mitth. Vereinig. d. Freunde der Astr. u. kosm. Physik Bd. 8, S. 103.

2) Astrophysical Journal Bd. VIII, p. 109 u. 265.

nicht direct die Mondtemperatur ableiten kann. Man muß daher auf Umwegen suchen zum Ziele zu kommen. Vermuthlich ist ein großer Theil der ursprünglichen Mondoberfläche, namentlich ebene Flächen, unter Meteoritenstaub begraben. Salz bedeckt stellenweise den Erdboden und mag auch auf einer so „ausgetrockneten Welt", wie es der Mond ist, da und dort vorkommen. Glasartige, vulkanische Gesteine dürften in den gebirgigen Gegenden verbreitet sein. Es handelt sich also zuerst darum zu wissen, wie die verschiedenen Substanzen Wärme aufnehmen und wieder ausstrahlen, im besonderen unter den auf dem Monde herrschenden klimatischen Zuständen. Vierzehn Tage lang wird unter normalen Verhältnissen eine Stelle auf dem Monde von der Sonne beschienen. Die Wärme hat also Zeit auch bei schlecht leitenden Gesteinen sich tief ins Innere fortzupflanzen. Wenn ein schlechter Leiter gut strahlt, dann wird er die auf ihn treffende Wärme schnell wieder abgeben. Schlechte Leiter, die auch schlechte Ausstrahlung zeigen, gibt es nur wenige, und diese sind für Wärme sehr durchlässig. Wärmestrahlen dringen weit in dieselben ein und erwärmen direct die in den verschiedensten Tiefen liegenden Theile. Umgekehrt bringen auch diese einzelnen Theile trotz der geringen Oberflächenstrahlung eine erhebliche Gesammtstrahlung zu Stande, von ähnlichem Betrag wie ihn gute Leiter liefern. Der Unterschied in der Strahlung der verschiedensten Substanzen bei ununterbrochener 14 tägiger Erwärmung durch die Sonne kann also nicht bedeutend sein, so daß unsere Unkenntniß der Gesteine an der Mondoberfläche keinen großen Einfluß auf das schließliche Ergebniß haben kann. Dieselben nehmen nach Sonnenaufgang einen Theil der Sonnenstrahlung auf, bis sie so zu sagen gesättigt sind, was kürzere oder längere Zeit dauert, strahlen dann alle fast gleichmäßig so viel Wärme aus, wie sie in gleicher Zeit aufnehmen und verlieren nach dem Verschwinden der Sonne rasch die aufgesogene Wärme. Den größten Theil des Mondtages hindurch verhält sich somit der Mondboden wie eine Substanz von vollkommener Strahlungsfähigkeit und man wird nicht sehr fehl gehen, wenn man die an solchen Stoffen ermittelte Beziehung zwischen Ausstrahlung und Eigentemperatur auf den Mond überträgt.

Die erforderlichen Versuche sind von Very und Bottomley angestellt worden; namentlich hat letzterer eine Tabelle geliefert, welche für den Betrag der Strahlung die absolute Temperatur des

strahlenden Körpers liefert. Oben wurde erwähnt, daß die Pariser Mondaufnahmen nirgends Spuren der Wirkung von Eis haben entdecken lassen. Andererseits ist einst von Ericsson und Peal die Hypothese aufgestellt worden, die Mondoberfläche sei größtentheils von Eis und Schnee bedeckt. Diese Ansicht unterzog Very einer strengen Probe. Er untersuchte nämlich die Strahlung einer sonnbeschienenen Schneefläche und fand, daß von den hiervon kommenden Wärmestrahlen 73 bis 84 Proc., im Mittel 79 Proc. durch Glas hindurchgingen. Dann wurde die Schneefläche mit Ruß dünn bestreut, um ähnliche Verhältnisse zu haben wie auf dem Monde, wo Meteorstaub die oberste Schicht bilden müßte. Nunmehr war die Strahlung auf ein Drittel der früheren reducirt, die Durchlässigkeit des Glases war aber dieselbe geblieben, 80 Procent. Von den Wärmestrahlen des Mondes gehen aber nur 12 bis 17. Proc. durch Glas; der Mond verhält sich also ganz anders als eine Schneefläche, auch wenn diese von dunklen Partikeln (Meteorstaub) bedeckt wäre.

Die Wärmestrahlung der Sonne wird von Glas fast ohne Verlust durchgelassen. Dieser Umstand erlaubt es den Theil der Mondstrahlung, der von dem erwärmten Mondboden stammt, von den einfach oberflächlich reflectirten Strahlen zu trennen. Nur etwa 14 Proc. der Wärmestrahlen des Mondes gehen durch Glas, sind also reflectirte Sonnenwärme. Dies ist ein ähnliches Verhältniß wie beim Mondlicht, indem die verschiedenen Mondregionen 9 bis 25 Proc., im Mittel 16 bis 17 Proc. des Sonnenlichtes zurückwerfen. Gleiches Verhalten beobachtet man an irdischen Substanzen; die Reflexionsfähigkeit oder „Albedo“ beträgt bei dunklem Schiefer 9, bei Thon 16 und bei weißem Quarzit 25 Prozent. Very beziffert unter Berücksichtigung aller Nebenumstände (ungleiche Absorption verschiedener Strahlengattungen in unserer Atmosphäre u. s. w.) den Antheil der eigenen Wärmestrahlung des Mondes als $^7/_8$ der gesammten Mondstrahlung.

Letztere ist von Very an zahlreichen Punkten der Mondoberfläche gemessen worden. Man vermag mit Hilfe der Bottomley'schen Tabelle die Temperaturen dieser Punkte abzuleiten und es ist von Interesse zu sehen, wie die Temperaturen vom Sonnenstande abhängen. Nennen wir den Höhenwinkel der Sonne über einer Gegend h und die Temperatur in Celsiusgraden t, so ergeben jene Beobachtungen von 1889 z. B. folgende Zahlen:

23. Jan.	h = —12°	t = —273°	10. April	h = 29°	t = + 56°
7. Febr.	14	— 15	12. Jan.	44	+ 99
23. Jan.	15	— 1	17. Jan.	52	+144
23. Jan.	23	+ 64	15. April	59	+165

13. April	h = 67°	t = +175°
15. „	74	+178
15. „	86	+180

Bei der ersten hier angeführten Messung stand die Sonne unter dem Horizonte der betreffenden Gegend, deren Temperatur vom absoluten Nullpunkt nicht zu unterscheiden war und gemäß der Zuverlässigkeit des Messungsverfahrens sicher nicht über —170° gewesen sein kann. Beobachtungen bei Mondfinsternissen (Jahrb. d. Erf. XXVIII, 39) haben uns gelehrt, daß schon eine nur wenige Stunden dauernde Unterbrechung der Sonnenbestrahlung die eigene Wärmestrahlung des Mondes vom normalen Werthe bei Vollmond auf weniger als 1 Proc. herabsetzt. Es dauert somit nur kurze Zeit, bis die Mondoberfläche die empfangene Sonnenwärme wieder ausgestrahlt und die Temperatur des kalten Weltraumes angenommen hat. Immerhin findet im Mondboden eine gewisse Aufspeicherung von Wärme statt, wie man aus dem Unterschied der Temperaturen eines Punktes bei gleichen Höhen der Sonne vor und nach ihrer Culmination (Mittag) ersteht:

Vormittag		Nachmittag	
h = 0°	t = —273°	h = 90°	t = +181°
10	— 46	70	+177
20	+ 19	50	+151
30	+ 58	40	+127
40	+ 92	30	+ 92
50	+127	20	+ 45
70	+174	10	— 33
90	+181	0	—198

Locale Unterschiede in der Bodenwärme kommen zwar vor, jedoch in viel geringerem Maaße als die Wärmeanomalien auf der Erde. Auffällig ist eine kleine Verstärkung der Strahlung an den Polen im Vergleiche zum übrigen Mondrande. Sieht man von diesen Abweichungen ab, so kann man leicht die *mittlere Temperatur* der sonnbeschienenen Mondhälfte berechnen; sie ergibt sich zu etwa +90° C. Die Temperatur der Nachtseite ist jedenfalls nicht viel vom absoluten Nullpunkte verschieden.

Very ermittelt noch auf andere Art die Mondtemperatur. Der Mond wie die Erde empfangen auf die Flächeneinheit von der Sonne 500 Strahlungseinheiten. Hiervon absorbirt der Mondboden $^7/_8$ oder 438 Einheiten und strahlt sie als Eigenwärme wieder aus. Diese Ausstrahlung geht aber von einer Halbkugelfläche aus, die doppelt so groß ist als der Querschnitt des von der Sonne kommenden Strahlenbüschels; die mittlere Temperatur ist demnach die, welche der Hälfte jener absorbirten Strahlung, also 219 Einheiten entspricht, und für diesen Betrag erhält man aus Bottomley's Tabelle +110° C. Die kleine Differenz von 20° gegen obigen Werth wird noch geringer, wenn man die Verzögerung der Ausstrahlung berücksichtigt, die sich besonders in dem freilich nur unbedeutenden Wärmeüberrest nach Sonnenuntergang kund gibt.

Bei der Erde bewirkt bei der Raschheit der Rotation die Atmosphäre einen Ausgleich der Temperatur über die ganze Kugeloberfläche oder über das Vierfache des Querschnittes der Sonnenstrahlen. Würde die Erde auch nur $^1/_7$ der Strahlen reflectiren, so müßte ihre mittlere Temperatur einer Ausstrahlung von 110 Einheiten entsprechen oder +37° betragen. Sie ist aber nur +15°. Die Differenz erklärt sich aus der Annahme einer stärkeren Reflexionsfähigkeit oder Albedo im Betrage von ungefähr $^1/_3$, die schon wegen der Existenz der Atmosphäre und namentlich der Wolken sehr wahrscheinlich ist.

Wir ersehen also aus Very's Untersuchungen, daß ein großer Theil des Mondes, nämlich die um den Aequator liegenden Regionen im Laufe von 29 unserer Tage sehr beträchtlichen Temperaturschwankungen ausgesetzt ist. Während der Mondnacht würde unsere Luft dort flüssig und fest sein, den nöthigen Druck vorausgesetzt, bei Tage würde die Temperatur weit über die Siedehitze steigen. Ein Vergleich der Zustände auf dem Monde mit irdischen Verhältnissen ist bei einem solchen diametralen Gegensatze gänzlich ausgeschlossen. Eine Wirkung dieser enormen Wärmeänderungen läßt sich aber bestimmt angeben; sie müssen einen zerstörenden Einfluß auf das Gestein ausüben, namentlich steil ansteigende Felswände schließlich zum Einsturz bringen, z. B. die Rillenwände, Kraterwälle. Beispiele solcher vermuthlicher Veränderungen sind in den vorigen Jahrgängen des Jahrb. erwähnt worden.

Mars. — Mehrere große Werke sind in neuester Zeit über diesen Planeten veröffentlicht worden. Der bekannte Amerikaner P. Lowell hat einen Quartband von 391 Seiten mit 21 Tafeln herausgegeben [1]), in welchem er die auf seiner, in Arizona errichteten Sternwarte in der Zeit vom Mai 1894 bis April 1895 angestellten Beobachtungen und Messungen ausführlich mittheilt. Es sei hier nur erwähnt, daß der Assistent Douglaß vergeblich nach noch unbekannten Marsmonden gesucht hat; solche könnten nur existiren, wenn sie schwächer wären als Deimos, der äußere Mond, und vom Mars mehr als hundert Halbmesser desselben abständen.

Ferner berichtet V. Cerulli in der ersten Publication [2]) seiner Privatsternwarte Collurania bei Teramo (Italien) über seine Marsbeobachtungen von 1896 und 1897. Als Grundlage für eine Marskarte hat Cerulli die Lage von 60 Punkten mikrometrisch gemessen. Von den einzelnen Marsregionen liefert er ausführliche Beschreibungen ihres Aussehens und ihrer etwaigen Veränderungen. Besonders merkwürdig ist in letzterer Hinsicht die „Erythrea" (auch Mare Erythraeum) genannte Region. Im Jahre 1877 sahen Schiaparelli in Mailand und Green in Madeira dieselbe ganz dunkel, so daß sich die Bezeichnung als „Meer" von selbst ergab. Die allgemeine dunkle Färbung erschien nur da und dort von Weiß erhellt, woraus auf Inseln oder Halbinseln geschlossen werden konnte. In zwanzig Jahren hat sich das Bild verändert. Wer heute Erythrea sieht, zweifelt nicht einen Continent vor sich zu haben, da von der einstigen Dunkelheit nur noch einige mehr oder weniger breite Streifen übrig sind längs der Stellen, die weiß waren und es geblieben sind. Allein diese hellen Stellen fallen jetzt inmitten der hellgewordenen Umgebung nicht mehr auf wie ehemals, wo z. B. Dawes die Insel Argyre nicht weniger stark aus dem Meere hervorleuchten sah als die südliche Polarkappe. Zur Schilderung der Region Chryse und der daselbst vorhandenen Canäle fügt Cerulli die Bemerkung hinzu, daß er diese Gegend in der Nähe des linken Marsrandes im Februar 1897 oft aufleuchten sah. Der übrigens matte Glanz erinnerte an den Anblick des Meereshorizontes gegenüber der untergehenden Sonne. Der

1) Annals of the Lowell Observatory Bd. I.
2) Marte nel 1896—97.

Nordpolfleck wurde zuerst Anfang September 1896 deutlich gesehen; später trat er mehr hervor, freilich meist sehr klein, als ein leuchtender Punkt oder als schwarzgesäumtes helles Fleckchen. Von Wichtigkeit erscheinen die an dem langgezogenen Canale Eumenides und seiner Fortsetzung, dem Orcus gemachten Wahrnehmungen kleiner, dunkler Knoten. Man kann wohl ohne Weiteres den dunklen Ton der nördlich von diesem Canal gelegenen Gegend dem Vorhandensein vieler solcher Schattenpunkte zuschreiben, die aber bei der Unvollkommenheit unserer Fernrohre nicht getrennt zu sehen sind. Wenn zur Zeit größerer Entfernung des Mars einzelne dunkle Fleckchen besser als um die Marsopposition erblickt wurden, so erklärt sich dies daraus, daß auf dem verkleinerten Planetenbilde mehrere benachbarte Punkte vereinigt erschienen und so mehr gegen die Umgebung sich abhoben. Das gelegentlich bemerkte Auftauchen dunkler Knötchen im Eumenides-Orcus läßt vermuthen, daß auch dieser Canal in Wirklichkeit nur aus solchen Elementen gebildet ist und daß sein sonstiger Anblick, nämlich die linienförmige Ausdehnung und geometrische Regelmäßigkeit nur Schein, physiologische Vorspiegelung ist, verwandt mit dem vorhin erklärten matten Tone der nördlich sich anschließenden Region.

Indem Cerulli diese Erwägungen auch auf die anderen Marscanäle ausdehnt, kommt er zu einer neuen Anschauung über diese räthselhaften Gebilde, die besondere Beachtung verdient. „Wären die Canäle wirkliche Linien — Flüsse, Einsenkungen, Vegetation tragende Thäler oder leicht gefärbte Meeresströmungen —, so sollte man meinen, daß sie um so auffälliger würden, je mehr sich uns der Planet nähert, daß die Oppositionszeit für ihre Sichtbarkeit am günstigsten wäre, und daß sie mit der wachsenden Distanz des Mars an Wahrnehmbarkeit immer mehr einbüßten. Dieser Erwartung widerspricht aber die Beobachtung. Einige Canäle waren schon im Juli 1896 ziemlich gut sichtbar auf der nur 7″ messenden Scheibe. Bei der Opposition im December, als der Marsdurchmesser auf 17″ gestiegen war, hätten dieselben gewaltig hervortreten müssen; sie behielten aber ihr bescheidenes Aussehen vom Juli bei, der eine oder andere erschien sogar verkleinert. Viele Canäle, die im December sehr fein sich abzeichneten, waren im Februar, als die Planetenscheibe auf die Hälfte gesunken war, leicht zu sehen und hatten sich vergrößert. Doch hat im letzteren Falle wohl auch die bessere Witterung des Februar auf die Sichtbarkeit

günstig gewirkt. Auf keinen Fall haben sich die Canäle bis zum Februar verschmälert. Man kann also sagen, diese Gebilde erscheinen ungefähr gleich breit, ob der Mars nah und groß oder fern und klein ist. Dann können aber unmöglich diese Linien, objectiv betrachtet, stets dieselben sein; sie waren offenbar in Wirklichkeit auf der kleinen Scheibe breiter oder erstreckten sich über einen weiteren Streifen der Marsoberfläche als auf der großen Scheibe. Von wahren Linien auf dem Mars müßte man ferner erwarten, daß sie sich in ihren Eigenthümlichkeiten uns um so besser darstellen sollten, je näher die Rotation des Planeten sie der Mitte der Scheibe bringt. So ist der meridional laufende Canal Titan neun Monate lang beobachtet worden. Aber wenn er die Mitte der Scheibe passirte, war er immer ganz schwach, wogegen er in 30° seitlichem Abstand vom Mittelmeridian breit und dunkel erschien. Und wie der Titan so verhielten sich noch viele andere Linien. Oft lenkte eine solche die Aufmerksamkeit auf sich, die man noch zu weit vom Centrum abstehend wußte und deshalb gar nicht aufsuchte. Wenn man sie dann einige Stunden lang verfolgte, wie sie sich der für die Sichtbarkeit besten Lage mitten auf dem Mars näherte, mußte man die Erfahrung machen, daß sie verwischte und erblaßte."

Die Hypothese, daß sich die dunklen Gebilde aus sehr kleinen dunklen Punkten zusammensetzen, würde es ermöglichen, sich von diesem unerwarteten Verhalten der Canäle Rechenschaft zu geben. Für die Marsoberfläche scheinen die überall vorhandenen breiten Streifen charakteristisch zu sein. In solchen Streifen liegen die winzigen, schwarzen Fleckchen mehr oder weniger dicht verstreut, zwischen ihnen helle Zwischenräume übrig lassend. Unwillkürlich verbindet das Auge die nahe in einer geraden Richtung oder auch längs einer einfach geformten Curve liegenden Elemente zu einer scheinbar ununterbrochenen Linie, indem es die Zwischenräume übersieht. Ist der Planet nahe, so treten weniger Elemente zu der Linie zusammen, als wenn er fern steht, wo die hellen Zwischenräume mehr verschwinden und sich auch weiter abseits liegende Fleckchen noch genügend der Linie anschmiegen. Ebenso scheidet das Auge von den bei der Mitte der Scheibe befindlichen Canallinien alle von der Richtung abweichenden Punkte ab; die Linien sind schmäler und matter wegen der geringen Zahl der dunklen Punkte, die sie enthalten, und auch wegen des stärkeren Hervorleuchtens der hellen Zwischenräume. Außerdem

heben sie sich von der Nachbarschaft weniger ab, die durch die ihr zugerechneten, vom Canal abgezogenen Fleckchen verdunkelt worden ist, wenn diese einzeln auch nicht erkannt werden können. Ist aber andererseits ein Canal mehr dem Rand nahe gerückt, dann werden die hellen Zwischenräume verschmälert; ihre Strahlung ist in Folge der seitlichen Stellung, optischen Gesetzen zufolge, verringert. So kommen die dunklen Elemente mehr zur Geltung, der Canal wird merklich auffälliger als beim Planetencentrum. Auch Verdoppelungen oder Verschiebungen von Canälen wären aus der Hypothese Cerulli's zu verstehen; unter gewissen Sichtbarkeitsverhältnissen bildet das Auge andere Linien mittelst der zerstreuten Fleckchen. Es wäre nun eine Aufgabe für vervollkommnete optische Hilfsmittel oder für ein unter besten klimatischen Zuständen verwendetes Teleskop, die Linien und Flecken aufzulösen in die Pünktchen, aus denen sie sich angeblich zusammensetzen. Cerulli selbst hat Spuren dieser Elemente gesehen. Ebenso hat auf der Lowellsternwarte W. H. Pickering schon früher zahlreiche feine, schwarze Pünktchen längs der Canäle beobachtet und ihnen den Namen „See" beigelegt. Man kann also die Ansicht Cerulli's auf keinen Fall als unwahrscheinlich bei Seite schieben.

Dagegen ist Mißtrauen stets solchen Hypothesen gegenüber am Platze, die in den Canälen das Werk zielbewußter oder instinctiv handelnder Marsbewohner erblicken. Einen Haupteinwurf gegen derartige Theorien vermeidet eine von Major Holtzhey stammende und von L. Brenner aufgenommene und weiter verbreitete Ansicht,[1]) die auch die Leser des Jahrb. interessiren dürfte. Darnach hätten die intelligenten Marsbewohner die Verbreitung des von den Polarflecken kommenden Schmelzwassers über ihre Ländergebiete durch Deichbauten geregelt. Man braucht nun nicht nach einer Erklärung des enormen Arbeitsaufwandes zu suchen, den die Anlage vertiefter Canäle nothwendig gemacht hätte; denn bei der Eindämmung von Landstreifen ist die Arbeit dieselbe, ob die Dämme 50 m oder 500 km von einander abstehen. Das Wasser würde nach Bedarf oder Nothwendigkeit durch einen oder durch mehrere benachbarte eingedeichte Streifen geleitet — im letzteren Falle bemerkten wir eine Verbreiterung oder unter Umständen

1) Naturw. Wochenschrift Bd. 13 Nr. 23.

eine Verdoppelung des Canals. Die regelmäßig und polygonal geformten Flecken an den Kreuzungsstellen oder längs des Verlaufs der Canäle seien Reservoire. Ein Deichbruch verursache Ueberschwemmung, also Verdunkelung von Landstrecken; andererseits könnte man Aufhellungen von dunklen Regionen als Trockenlegung nach vorheriger Eindämmung erklären. Die Hypothese Holtzhey's ist, wie man sieht, sehr fruchtbar. Nur muß man annehmen, daß die meisten Marsländer fast völlig eben seien und daß die Polarflecken aus wirklichen Schnee bestünden. Für beide Annahmen führt Brenner Gründe recht zweifelhafter Art an, z. B. daß der Mars um viele Jahrmillionen älter sei als die Erde und daß deshalb die Gebirge durch Verwitterung längst abgetragen seien, als ob auf der Erde Gebirge nicht immer wieder neu entstanden seien oder als ob ein Aufhören der Gebirgsbildung nachzuweisen wäre.

Um so werthvoller sind Brenner's Beobachtungen des Mars, die sehr viel Detail und eine reichhaltige Marskarte geliefert haben.[1]) Aus der Erscheinung 1896/97 hat Brenner 73 farbige Zeichnungen angefertigt, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß ihn ein Augenübel längere Zeit vom Beobachten abhielt. Ein besonders erfreuliches Zeichen ist es, daß im Wesentlichen die verschiedenen Beobachter das Detail der Marsoberfläche gleich wiedergeben, daß also die Topographie des nahen und doch so fernen Planeten schon recht genau festgestellt ist, man kann wohl sagen genauer als die der Mondoberfläche vor hundert Jahren; die richtige Deutung des Gesehenen wird sich bei fortgesetzter Beobachtung des Planeten mit der Zeit auch noch ergeben.

Außer der Oberfläche des Mars ist es auch wichtig und nöthig, die Größe, Masse und Gestalt sowie die Art seiner Axendrehung zu kennen. Die Umdrehungsdauer ist vor 15 Jahren von Wislicenus und H. G. van de Sande-Bakhuyzen in völliger Uebereinstimmung gleich $24^h\ 37^m\ 22{\cdot}66^s$ berechnet worden. Seitdem sind über 5000 Marstage verflossen, ohne daß ein Fehler in diesem Werthe sich geltend gemacht hätte. Viel schwieriger ist die Lage der Marsaxe zu bestimmen, und das Gleiche gilt von der Abplattung des Planeten. Denn hierzu wären sehr exacte Messungen erforderlich, sowohl vom Durch-

1) Mathem. Abhandlungen der Berliner Akademie 1898.

messer des Mars in verschiedenen Richtungen, wie von der Lage der Polflecken bezüglich der Mitte der Marsscheibe. Da letztere aber meist durch die Phase deformirt ist, so kommt in die Messungen ein Element der Unsicherheit, das oft unterschätzt worden ist. Hier bieten nun die Bewegungen der Marsmonde in ihren Bahnen und die Veränderungen, welche eben diese Bahnen im Laufe der Zeit erfahren, eine sehr günstige Gelegenheit, jene Fehlerquellen zu vermeiden. H. Struve in Königsberg, früher in Pulkowa, hat die Beobachtungen der Marsmonde, die in Washington, auf der Licksternwarte und von ihm selbst angestellt waren, gesammelt und daraus die Bahnen für sechs verschiedene Zeitpunkte berechnet.[1] Es zeigte sich, daß die Bahnebenen keine feste Lage beibehalten. Die Pole dieser Ebenen beschreiben Kreise um die Pole unbeweglicher Ebenen, beim inneren Monde Phobos mit dem Radius 53·1′, beim äußeren, Deimos mit dem Radius 1° 37·6′. Die Durchsgangspunkte der Trabantenbahnen durch die Ebene des Marsäquators oder die Knoten der Bahnen verschieben sich in Folge dessen wie bei unserem Monde gegen Westen, beim Phobos um 158°, beim Deimos um 6·374° in einem Jahre. Die Durchschnittslinien jener unbeweglichen Ebenen und die des Marsaequators mit der Ebene der Marsbahn fallen zusammen; sie bestimmen sich und damit auch die Knotenlinie des Marsaequators aus den Trabantenbewegungen bis auf wenige Minuten genau. Sodann läßt sich aus ihren Neigungen die Neigung des Aequators gegen die Marsbahn berechnen, die der Schiefe der Ekliptik entspricht. Phobos liefert diese Schiefe gleich 25° 8·9′, Deimos gleich 25° 16·6′, giltig für den Anfang des Jahres 1880. Ebenso wandern die Axen der Trabantenbahnen, nur daß die Richtung entgegengesetzt ist der Bewegung der Bahnknoten.

Die Ursache dieser Bewegungen liegt in der Abplattung des Mars; somit kann auch letztere theoretisch ermittelt werden. H. Struve findet dafür den Werth 1 : 190·4, entsprechend einem Verhältniß der Centrifugalkraft zur Schwere am Marsaequator gleich 1 : 202·7.

Für die Umlaufszeiten U, die halben Bahnaxen a, Excentricitäten e der Trabantenbahnen hat Struve folgende Werthe erhalten:

---

1) Mémoires de l'acad. de St. Pétersbourg Bd. 8 Nr. 3.

Trabant	U	a	e
Phobos	7^h 39^m $13\cdot85^s$	12·938″	0·0217
Deimos	30 17 54·85	32·373	0·0031

Die Masse des Mars ergibt sich gleich 1:3090000 von der Sonnenmasse, eine Zahl, die wohl innerhalb von 0·7 Proc. richtig ist.

Aus den für die Bahnaxen gefundenen Werthen folgt, daß der innere Mond vom Marsmittelpunkt um 9370 km absteht, der äußere um 23 460 km. Der Halbmesser des Planeten beträgt 3500 km. Also kommt Phobos der Oberfläche des Mars bis auf weniger als 6000 km nahe, während Deimos rund 20 000 km entfernt bleibt. Eine Reise um die Erde dem Aequator entlang würde 40 080 km messen, also dem Wege vom Mars zum Deimos und zurück gleichkommen.

Am 36 zöll. Lick-Refractor hat Hussey bei 520 facher Vergrößerung die Marsmonde beobachten können[1]), ohne daß der hellglänzende Planet verdeckt zu werden brauchte. Den Phobos sah er bei nur 5″ Abstand vom Marsrande noch ganz bequem, Deimos ist dagegen viel schwächer und schwieriger zu beobachten. Kostinsky in Pulkowa hat mit dem dortigen photographischen Refractor von 13 Zoll Oeffnung im December 1896 sieben Marsaufnahmen gemacht, auf denen der äußere Mond Deimos gut zu erkennen ist. Auf zweien dieser Aufnahmen konnte sogar die Stellung desselben gemessen werden[2]).

Jupiter. — Das Ergebniß der sehr zahlreichen Jupiterbeobachtungen aus dem Jahre 1898, an denen sich namentlich Brenner, Fauth, Gledhill, Hough, Mac Ewen, Comas Solá, Stanley Williams und Denning betheiligt haben, ist nach einer Schilderung des letztgenannten Forschers[3]) das folgende. Besonders auffällige Vorgänge, die viel Aufsehen erregt hätten, fehlten, indessen war die Planetenscheibe übersät von interessanten Gebilden. Die Aequatorgegend umfaßte eine reiche Fülle dunkler und heller Flecken, die sich rascher bewegten als ähnliche und wahrscheinlich mit ihnen identische Objecte des Vorjahres, und zwar beläuft sich der Unterschied der Geschwindigkeit

1) Astronomical Journal, Bd. XVIII p. 122.
2) Astron. Nachr. Bd. 145 S. 203.
3) Nature Bd. LIX p. 209.

auf 11 Secunden. Williams bestimmte 1897 die Rotation am Aequator zu $9^h\ 50^m\ 34{\cdot}6^s$, Denning fand 1898 den Werth $9^h\ 50^m\ 23{\cdot}6^s$.

In der nördlichen tropischen Zone standen einige dunkle, längliche Flecken, die ihre Umdrehung in etwa 15^s weniger vollführten als der große rothe Fleck. Gerade dieser nördliche Gürtel in 15^0 Entfernung vom Aequator scheint eine große Fruchtbarkeit im Hervorbringen von Flecken zu besitzen, die theilweise eine beträchtliche Zeit hindurch andauern. Gestalts- und Farbenänderungen haben in den letzten Jahren die Identificirungen erschwert; vielleicht kamen auch bisweilen Verdeckungen solcher Objecte vor. Außerdem veränderten sich ihre Geschwindigkeiten. So scheint ein 1894/95 am Nordrande des nördlich-mittleren Bandes gesehener sehr dunkler und scharfbegrenzter Fleck mit dem „Violinfleck" des folgenden Jahres und einem der Flecken identisch zu sein, die 1898 in jener Breitenzone standen. Die jovigraphischen Längen L und die Rotationsdauer R waren nämlich:

1894,	5. Nov.	$L = 239{\cdot}1^0$	$R = 9^h\ 55^m\ 37{\cdot}8^s$
1895,	9. Mai	$L = 226{\cdot}3$	
1895,	26. Sept.	$L = 222{\cdot}6$	$R = 9\ \ 55\ \ 38{\cdot}8$
1896,	9. Febr.	$L = 201{\cdot}1$	
1896—97 Fleck anscheinend unsichtbar			
1898,	23. März	$L = 126{\cdot}7^0$	$R = 9^h\ 55^m\ 27{\cdot}7^s$
1898,	4. Juli	$L = 94{\cdot}7$	

Die Verkürzung der Umdrehungszeit und die Abnahme der Länge würden für die Identität sprechen. Im Jahre 1896/97 hätte R gleich $9^h\ 55^m\ 30{\cdot}7^s$ sein müssen. Es ist seltsam, daß Barnard 1890 für einen dunklen Fleck in der nämlichen Breite $R = 9^h\ 55^m\ 30{\cdot}3^s$ fand, während 1891 Hough bei zwei Flecken im Mittel $27{\cdot}4^s$ erhielt. Aus einer Vergleichung einer großen Zahl von Rotationsbestimmungen in dieser Zone gelangt Denning zu der recht wahrscheinlichen Folgerung, daß R in sieben Jahren zwischen $9^h\ 55^m\ 26^s$ und 41^s hin- und herschwankt.

Den berühmten rothen Fleck, dessen Umrisse noch schwach zu erkennen sind, hat Denning vom 22. März bis 7. Juni und wieder vom 29. Nov. 1898 an beobachtet. Eine weitläufige Untersuchung gilt der Frage, ob dieses Object mit dem sogenannten Cassini'schen Fleck von 1665, der aber zuerst von Robert Hooke

am 9. Mai 1664 beobachtet worden war, identisch sein könne. Zwar liefern die Beobachtungen der seither verstrichenen 234 Jahre nur wenige Bindeglieder, aber diese sprechen alle zu Gunsten der Identität. D. Cassini hat im Sommer 1665 den von Hooke entdeckten Fleck häufig beobachtet und eine Rotationsdauer von $9^h\ 56^m$ abgeleitet. Denning hat die Cassini'schen Beobachtungen von 1665 bis 1672 neu bearbeitet und $R = 9^h\ 55^m\ 47{\cdot}5^s$ ermittelt. Auf Grund zweier, am 1. März 1672 wahrgenommener Durchgänge des Flecks durch die Mittellinie der Jupiterscheibe hatte Cassini in der Pariser Akademie einen solchen Durchgang für den 3. März Abends $9{\cdot}8^h$ angekündigt, dessen Eintreffen durch zwei Abgeordnete jener Körperschaft richtig constatirt wurde. Der Cassini'sche Fleck besaß einen Durchmesser, der etwa ein Zehntel des Planetendurchmessers betrug, also etwa 14500 km. Der jetzige rothe Fleck ist von der nämlichen Breite, seine Länge ist wesentlich größer. Man beobachtet aber bei fast allen Flecken auf dem Jupiter die Erscheinung, daß ihre anfänglich runde Form allmählich länglich, oval wird, vielleicht in Folge der an der Oberfläche herrschenden raschen Strömungen.

Mit ziemlicher Sicherheit konnte Denning die Existenz des rothen Fleckes bis 1831 rückwärts nachweisen [1]). Aehnlich geformte Gebilde in entsprechender Lage waren gesehen worden im Juni 1843 von Key, 1857 von Dawes, 1858 und 1859 von Lassell und Huggins, 1869 bis 1871 von Gledhill und Mayer, 1873 von Rosse und Copeland, 1876 von Russell und Bredichin. Vom 5. Sept. 1831 bis 30. Juli 1898 würden in 24435 Tagen 59071 Rotationen verflossen sein, woraus die mittlere Rotationsdauer sich gleich $9^h\ 55^m\ 36{\cdot}2^s$ ergibt. Aus den, nur einzelne kürzere Unterbrechungen einschließenden Beobachtungen vom 14. Nov. 1869 (11^h) bis 30. Juli 1898 (8^h) folgt R im Mittel gleich $9^h\ 55^m\ 37{\cdot}8^s$, im Minimum (1876 bis 1878) $33{\cdot}4^s$, im Maximum (seit 1896) $41{\cdot}7^s$. Die zugehörigen täglichen Rotationswinkel sind $870{\cdot}34^0$, $870{\cdot}45^0$ und $870{\cdot}24^0$.

Viele der Flecken auf dem Jupiter werden nach Denning's Ansicht von Stoffen gebildet, die von der eigentlichen Planetenoberfläche aufstiegen und hierauf sich in den äußeren Atmosphären-

1) Nature Bd. LVIII p. 331 und Monthly Notices Bd. LVIII p. 488.

schichten schwebend erhielten. Sie bleiben hinter der sehr rasch sich drehenden Jupiterkugel zurück, müssen eine ähnliche Verzögerung zeigen, wie man sie am rothen Fleck beobachtet hat, und würden überhaupt je nach der Höhe über der eigentlichen Oberfläche eine verschiedene Rotationsdauer erlangen.

Die „rotatorische Bewegung des rothen Jupiterflecks" ist auch von O. Lohse in Potsdam einer speciellen Untersuchung unterzogen worden [1]). Derselbe findet aus eigenen Beobachtungen und Messungen, wenn er den täglichen Rotationswinkel des Jupiter gleich 870·27 ^{0} oder die Rotationszeit gleich 9^{h} 55^{m} $41{\cdot}0^{s}$ annimmt, für die jovigraphischen Längen des Flecks folgende Werthe:

Zeit	Länge	Zeit	Länge	Zeit	Länge
1878·65	249·5 ^{0}	1883·14	50·4 ^{0}	1894·03	358·8 ^{0}
1879·73	182·7	1885·27	15·8	1895·18	5·2
1880·71	128·5	1888·27	358·9	1896·13	10·1
1881·70	89·2	1891·74	352·0	1897·27	20·4

Es ergiebt sich bis 1891 ein starkes Zurückweichen des Flecks um beinahe 3/4 des Jupiterumfanges; seit dieser Zeit scheint der Fleck wieder eine rechtläufige Bewegung angenommen zu haben, mit anderen Worten die Rotationszeit des Flecks nimmt wieder ab, nachdem sie bis 1891 sich vergrößert hatte.

Bestimmungen der Dauer der Rotation in verschiedenen Breitenzonen sind von Denning und Williams ausgeführt. Ersterer gibt auf Grund seiner Beobachtungen von 1898 folgende Tabelle [2]):

Breite	Objecte	Rotation		
+ 39°	1 dunkler ovaler Fleck . .	9^{h}	55^{m}	$47{\cdot}8^{s}$
+ 33	1 „ „ „ . .	9	55	52·5
+ 15	3 dunkle ovale Flecken . .	9	55	26·3
0	23 dunkle und helle Flecken	9	50	23·6
— 21	großer rother Fleck . .	9	55	41·8
— 30	4 dunkle und helle Flecken	9	55	20·5
— 35	2 helle Flecken.	9	55	14·0
— 40	2 dunkle Flecken	9	55	8·6

1) Astron. Nachrichten Bd. 146 S. 151.
2) Monthly Notices Bd. LVIII p. 480.

Die Rotation der Aequatorgegend weicht von jener der übrigen Zonen völlig ab; die einzelnen Flecken, die wegen ihrer Veränderlichkeit an Form und Bewegung schwer zu identificieren waren, lieferten Werthe zwischen $9^h\ 50^m\ 16{\cdot}9^s$ und $33{\cdot}2^s$; oft kam es vor, daß ein Fleck einen anderen überholte. In verschiedenen Jahren stellte sich die Rotation am Aequator wie folgt ($9^h\ 50^m$ zu ergänzen):

Jahr	1880	81	82	85	86	95	97	98
R	$5{\cdot}8^s$	$8{\cdot}8^s$	$11{\cdot}4^s$	$14{\cdot}3^s$	$22{\cdot}8^s$	$34{\cdot}3^s$	$34{\cdot}6^s$	$23{\cdot}6^s$

S. Williams findet für die Region südlich vom Südäquatorstreifen eine Oberflächenströmung, die seit mehr als hundert Jahren in wesentlich gleicher Geschwindigkeit erfolgt [1]), wie nachstehende Werthe der Rotation ($9^h\ 55^m$ zu ergänzen) zeigen:

Beobachtungen		R	Beobachtungen		R
Schröter	1787	$17{\cdot}6^s$	Williams	1887	$17{\cdot}1^s$
Schmidt	1862	17·2	„	1889	16·7
O. Lohse	1872/73	19·6	„	1889	19·0
Barnard	1880	16·2	Denning	1890/91	18·2
Williams	1881	18·3	Hough	1891	20

Das Mittel ist $9^h\ 55^m\ 18{\cdot}1^s$. Eine Ausnahme bot ein am 15. März 1888 dicht am Südostrande des großen rothen Flecks entdeckter dunkler Fleck, der bis Ende Juli sichtbar blieb. Erst war derselbe kreisförmig, dann wurde er oval und verschmälerte sich immer mehr. Vom 14. Mai an war ein dunkler Streifen sichtbar, der sich vom neuen bis zum rothen Fleck hinzog und bestehen blieb, während sich diese Flecken immer mehr von einander entfernten. Die Rotation des neuen Fleckes dauerte $9^h\ 55^m\ 8{\cdot}2^s \pm 0{\cdot}4^s$, also 10^s weniger als die der ganzen Zone.

Weiter gegen Süden glaubt S. Williams gleichfalls eine ziemlich constante Strömung nachweisen zu können [2]):

Jahr	Zone	Rotationszeit
1886	— 50⁰	$9^h\ 55^m\ 11{\cdot}1^s$
1888	— 37⁰ bis — 55⁰	9 55 0·9
1890	— 36 bis — 45	9 55 6·7
1892	— 32 bis — 39	9 55 8·4

1) Monthly Notices Bd. LIX p. 28.
2) Astron. Nachrichten Bd. 147, S. 391.

Wie weit sich diese Strömung gegen Süden erstreckt, läßt sich nicht bestimmen; sie reicht vielleicht bis zum Südpole. Die dunklen Flecken von 1890 und 1892 lassen sich auch auf Photographien des Jupiter von der Lick-Sternwarte erkennen.

Ueber die Jupitermonde ist wenig zu melden. A. E. Douglaß glaubt[1]) die Rotation des ersten Mondes sicher bestimmt zu haben. Er geht auf die von W. H. Pickering im Jahre 1892 vermeintlich gesehenen, periodischen Gestaltsveränderungen zurück (Jahrb. XXX, 42) und verbindet damit die eigenen Beobachtungen von dunklen Strichen auf diesem Monde aus dem Jahre 1897. Von den früheren Deformationen war 1897 nichts mehr zu sehen. Daß es sich hier wie 1892 um Täuschungen handelt, geht schon aus der zur angeblichen Drehungsaxe völlig symmetrischen Anordnung des Oberflächendetails hervor. Diese Beobachtungen sind nur ein neuer Beitrag zu dem gerade auf astronomischem Gebiete so reichhaltigen Capitel von den menschlichen Irrungen.

Der V. Jupitermond konnte auch 1898 am 36-Zöller der Licksternwarte gesehen und beobachtet werden[2]). Er war leicht sichtbar, wenn er am weitesten östlich vom Jupiter stand, dagegen schwierig in seiner westlichen Elongation. Die Beobachtungen sind von Aitken angestellt, der das Bild des Jupiter durch ein kleines geschwärztes Glasplättchen bis auf einen schmalen Randstreifen verdeckte, ein Verfahren, das die Messungen des Mondortes sehr erleichterte. Auch auf der Lowell-Sternwarte wurde der V. Mond am 24-zölligen Refractor von T. J. J. See beobachtet, wobei der Jupiter durch ein gelbes Glimmerschirmchen abgeblendet wurde. Die Messungen waren aber meist mit Schwierigkeiten verbunden.

Während der Jupiteroppositionen 1891 bis 1897 war auf Anregung Prof. Backlund's von Prof. Donner in Helsingfors und seit 1896 auch von Dr. Kostinsky in Pulkowa eine große Anzahl von Aufnahmen des Jupitersystems gemacht worden[3]). F. Renz in Pulkowa hat darauf die Positionen der vier großen Jupitermonde ausgemessen. Bei der Genauigkeit, welche sich bei photographischen Ortsbestimmungen am Himmel erreichen läßt, dürfte die erwähnte Arbeit von großem Nutzen für die genaue Erforschung der Bewegungen im Jupitersysteme werden. Zu bedauern

1) Astr. Nachrichten Bd. 146 S. 345.
2) Astronomical Journal Bd. XIX p. 29.
3) Mém. de l'acad. de St. Pétersbourg 8. Ser. Bd. VII Nr. 4.

ist nur, daß die südliche Stellung des Planeten seit 1898 keine solche Aufnahmen in Pulkowa mehr gestattet.

Die Durchmesser der Jupitermonde hat neuerdings Maurice Hamy in Paris nach der Interferenzmethode bestimmt [1]) und für die mittlere Entfernung des Jupiter von der Erde folgende Zahlen erhalten, denen zur Vergleichung die von Michelson in derselben Weise gemessenen Werthe beigefügt sind.

Trabant	I	II	III	IV
nach Hamy	0·98″	0·87″	1·28″	1·31″
nach Michelson	1·02	0·94	1·37	1·31

Das Saturnsystem. — Wie die Sonne das Centrum des ganzen Planetensystemes, so ist der Planet Saturn der Mittelpunkt, um den zunächst dichtgedrängt eine zahllose Menge kleinster Möndchen und jenseits dieses „Ringes“ noch einzelne „große“ Trabanten laufen. Die Bahnbewegungen dieser Saturnsmonde bildeten seit einer Reihe von Jahren den Gegenstand umfangreicher Beobachtungen und Berechnungen von Prof. H. Struve, der einige provisorische Ergebnisse bereits früher veröffentlicht hat (Jahrb. XXVII, 50, XXVIII, 54). Im XI. Bande (2. Serie) der Publicationen der Sternwarte Pulkowa wird nun auf 337 Folioseiten die Gesammtheit der am 30-zöll. Refractor angestellten Messungen (nahezu 1300 an Zahl) mitgetheilt, sowie die Reductionen derselben und die Ableitung verschiedener auf den Planeten und sein System bezüglicher Resultate. Die Beobachtungen der einzelnen Monde wurden in Gruppen eingetheilt, deren jede einen kurzen Zeitraum (einige Wochen oder Monate) umfaßte und ein für diesen Zeitraum giltiges Elementensystem der Bahn des betreffenden Mondes lieferte. Die Unterschiede, die sich bei einer solchen Trabantenbahn im Laufe der Zeit offenbaren, rühren theils von der gegenseitigen Beeinflußung der Trabanten her, zum größten Theil spricht sich darin die, eine regelmäßige elliptische Bewegung der Monde störende Wirkung der Abplattung des Saturn aus. H. Struve berechnet diese Abplattung, wie beim Mars, aus den Bahnänderungen der Satelliten. Indem er die Rotationszeit des Planeten gleich 10·24 Stunden und den Aequatordurchmesser zu 17·50″ annimmt, findet er die Abplattung gleich 0·1031,

1) Comptes Rendus Bd. CXXVIII p. 585.

und dieser Betrag würde sich nur um 0·0010 ändern, wenn jene Annahmen um 0·07 Stunden bezw. um 0·1″ irrig wären. Der Saturnring wirkt auf die Mondbewegungen in gleichem Sinne ein wie der Aequatorwulst des Planeten, denn dieser Wulst ist gewissermaaßen auch ein Ring um den Saturn. Für einen äußeren Mond, z. B. Titan, sind die Entfernungen vom Planetenaequator und von der Ringmitte verhältnißmäßig wenig verschieden (wie 24:23), dagegen ist der Unterschied für einen nahen Trabanten beträchtlich, z. B. verhalten sich bei Mimas diese Distanzen wie 3:2, bei Tethys wie 5:4. Bei diesen Monden wirkt die Ringmasse relativ viel stärker als bei Titan und diese Ungleichheit bietet ein Mittel dar, die Ringmasse zu bestimmen, vorausgesetzt daß sie überhaupt einen merklichen Werth besitzt. Die Rechnung zeigt, daß sie sehr gering sein muß. H. Struve kann nur angeben, daß sie nicht größer als der 26 720. Theil der Saturnmasse oder als 1/36 der Masse unseres Mondes sein kann. Die Oberfläche des Ringes beträgt etwa 46 000 Mill. Quadratkilometer, das Volum unseres Mondes, durch 36 dividiert, 610 Mill. Kubikkilometer. Bei gleicher Dichte mit unserem Monde könnte der Ring als zusammenhängendes Ganze gedacht, nur eine Dicke von 13 Metern besitzen. Nun besteht freilich der Ring aus einzelnen, durch Zwischenräume von einander getrennten Miniaturmonden. Die Durchmesser dieser Möndchen könnten immerhin unter gewissen Bedingungen auf hundert Meter und vielleicht noch mehr geschätzt werden.

Der Aequatordurchmesser des Saturn wurde oben zu 17·50″ angesetzt, 0·3″ kleiner als ihn Barnard bestimmt hat (Jahrb. XXXIV. 52). Bei einem Theile der Trabantenmessungen hat H. Struve die Mikrometerfäden auf den östlichen und westlichen Saturnrand eingestellt; die Differenz liefert den Durchmesser des Planeten, der sich im Mittel zu 17·471″ ergab. In entsprechender Weise wurde für den Polardurchmesser der Werth 15·635″ erhalten, woraus die Abplattung 0·1051 folgt. Außerdem wurden in Pulkowa und anderwärts wiederholt Verfinsterungen einiger Saturnmonde beobachtet. Hieraus lassen sich jene Durchmesser durch Rechnung ableiten; H. Struve bekommt so die Werthe 17·500″ und 15·775″, sowie die Abplattung 0·0986. Die theoretisch gefundene Abplattung stimmt gut mit diesen Zahlen. Bei derartigen Messungen spielt der Luftzustand eine große Rolle;

das Klima von Pulkowa steht dem auf der Lickſternwarte an Güte erheblich nach und dieſer Grund mag die Unterſchiede größtentheils erklären.

Die Veränderungen der Trabantenbahnen beſtimmen auch die Lage der Ebene des Saturnaequators. Dieſe bildete mit der Lage der Erdbahnebene (für den Zeitpunkt 1889·25) einen Winkel $i = 28^{0}\ 5{\cdot}6'$; der aufſteigende Knoten liegt bei $167^{0}\ 57{\cdot}0'$. Die Lage der Ringebene ſtimmt hiermit faſt genau überein; aus zahlreichen Meſſungen der Richtung der größeren Ringaxe ergab ſich $i = 28^{0}\ 4{\cdot}84'$, $\Omega = 167^{0}\ 58{\cdot}7'$.

Die gegenſeitigen Störungen der Trabanten erlauben die Maſſen dieſer kleinen Geſtirne wenigſtens ungefähr zu ermitteln. In folgender Tabelle iſt unter S das Verhältniß der Saturnmaſſe, unter M das der Maſſe unſeres Mondes zur Maſſe des betreffenden Trabanten angegeben, dieſe jeweils als Einheit genommen. In dieſe Tabelle ſind noch die ſcheinbaren Helligkeiten m nach den Schätzungen von W. H. Pickering aufgenommen ſowie die Durchmeſſer D, die ſich unter der Vorausſetzung ergeben, daß alle Trabanten das Sonnenlicht gleichartig zurückſtrahlen, oder gleiche Albedo beſitzen. Hierbei iſt der Durchmeſſer des größten Mondes Titan nach den Meſſungen von Barnard zu Grunde gelegt.

Die Maſſen ſtehen nun keineswegs im Verhältniß der Cuben dieſer Durchmeſſer, ſie ſind deſto geringer, je näher ein Trabant dem Saturn ſteht. Die dem Saturn nahen Monde ſind alſo relativ klein, reflectiren aber das Sonnenlicht viel ſtärker als die entfernteren Monde.

	Trabant	S	M	m	D	D'
I	Mimas . .	13610000	1816	12·8	900 km	280 km
II	Enceladus .	4000000	533	12·3	1150 „	430 „
III	Tethys. . .	907600	121	11·4	1750 „	700 „
IV	Dione . . .	536000	71	11·5	1650 „	840 „
V	Rhea . . .	250000	33	10·8	2300 „	1100 „
VI	Titan . . .	4700	0·6	9·4	4400 „	4100 „
VII	Hyperion .	—	—	13·7	600 „	— „
VIII	Japetus . .	113000	15	11·4	1750 „	1400 „

Die Maſſe des Hyperion iſt unbeſtimmbar klein; in der Bewegung des Titan verräth ſich kein Einfluß dieſes Trabanten, obwohl die Entfernung bisweilen unter 250000 km herabgeht. Titan iſt der einzige Saturntrabant, der unſeren Mond an Durchmeſſer und Maſſe übertrifft. Hätten die Monde des Saturn

dieselbe Dichte wie unser Mond, so kämen ihnen die unter D′ angegeben Durchmesser zu, die viel kleiner sind als jene (D), welche ihrer scheinbaren Größe entsprechen, besonders bei den innersten Monden.

Den großen Helligkeitsunterschieden gemäß sind die Saturnmonde erst allmählich bekannt geworden; den hellen Titan entdeckte Huyghens schon 1655, während der sehr schwache Hyperion erst 1848 gefunden wurde. H. Struve hat wiederholt in den Jahren 1887 bis 1890 die Umgebung des Saturn bis zur Bahn des Hyperion nach etwaigen neuen Monden durchsucht, aber ohne Erfolg, woraus er den Schluß zieht, daß sich in jenem Raum kein Trabant befindet, dessen Helligkeit den zehnten Theil der Größe des Hyperion übersteige, oder dessen Durchmesser (D) nach vorstehender Tabelle über 200 km betrage. Immerhin könnte man die Existenz noch anderer Monde vermuthen, da zwischen den Bahnen der bekannten Trabanten noch einige weite Lücken sind ähnlich jener, welche vor Entdeckung der Planetoiden in dem Raume zwischen Mars- und Jupiterbahn längst den Astronomen aufgefallen war. Im Saturnsysteme befolgen die Entfernungen der Satelliten vom Planetenmittelpunkt eine Regel, die vielleicht ihren Ursprung in der Entwickelung des Systemes hat; dieselbe besagt, daß man aus der Entfernung d′ eines Mondes die des folgenden, vom Saturn weiter abstehenden durch Multiplication mit 1·308 erhält. Die Messungen H. Struve's lieferten die in der nächsten Tabelle unter a angeführten, scheinbaren Halbaxen der Bahnen oder mittleren Entfernungen der Trabanten; hieraus sind die wahren Entfernungen d_0, ausgedrückt in Aequatorhalbmessern des Saturn (nach Barnard = 8·9″ angenommen) berechnet. Die aus der erwähnten Regel sich ergebenden Distanzen sind unter d′ angesetzt:

Trab.	a	d_0	d′	Umlaufszeit		
I	26·814″	3·01	2·93	0^T	22^h	$57{\cdot}08^m$
II	34·401	3·87	3·75	1	8	53·12
III	42·586	4·79	5·02	1	21	18·44
IV	54·543	6·13	6·56	2	17	41·16
V	76·170	8·56	8·58	4	12	25·20
.	—	—	11·23		—	
.	—	—	14·69		—	
VI	176·578	19·84	19·21	15	22	41·38

Trab.	a	d⁰	d′	Umlaufszeit		
VII	213·92″	24·04	25·13	21ᵀ	6ʰ	39·45ˢ
.	—	—	32·87		—	
.	—	—	43·00		—	
VIII	514·60	57·82	56·25	79	7	54·28

Für die Umlaufszeiten wird jener Factor nach dem dritten Kepler'schen Gesetze ($U^2 = kd^3$) gleich 1·496 oder nahezu das anderthalbfache. Man könnte somit noch das Vorhandensein von vier Monden mit Umlaufszeiten von 6·8, 10·2, 34 und 52 Tagen vermuthen.

Zwischen den wahren Umlaufszeiten der bekannten Trabanten bestehen mehrere einfache Beziehungen; so ist sehr nahe III = 2.I, IV = 2.II, 5.IV = 3.V; 4.VI = 3.VII, und 2.VI = 7.V und noch etliche andere.

Neunter Saturnsmond? — Nach neuen Saturnmonden wird auch mit dem in Arequiba aufgestellten 24zöll. Brucetelestop photographisch gesucht; man schloß aus dem negativen Ergebniß der Nachsuchungen, daß Saturn keinen Mond mehr haben könne, der mehr als ein Drittel der Helligkeit des Hyperion besitze. Vier Aufnahmen vom 16., 17. und 18. Aug. 1898 zeigen nun ein schwaches Object 15. Größe in 25′ (gegen 170 Planetenradien) Abstand vom Saturn, das sich in gleicher Richtung, nur etwas langsamer fortbewegte wie dieser Planet. E. C. Pickering hält es für einen neuen Saturnmond, dessen Bahn aber noch ganz unbestimmt ist. Ebenso gut könnte es ein Planetoid oder auch ein Komet jenseits der Jupiterbahn sein. Neue Aufnahmen vom Jahre 1899 dürften wohl die Entscheidung erbringen.

Uranus. — Eine ähnliche Reihe wie die mittleren Abstände der Saturnmonde, bilden auch die Entfernungen der Uranustrabanten. Der Multiplicationsfactor ist hier 1·317; nur müßte man auch in dieser Reihe ein fehlendes Zwischenglied, also vielleicht einen noch fehlenden Trabanten annehmen. Wir haben dann:

I	Ariel .	d_0 = 7·04	d′ = 7·19	Diff. = —0·15
II	Umbriel	9·90	9·46	+0·45
.	.	—	12·46	—
III	Titania	16·11	16·42	—0·31
IV	Oberon	21·54	21·62	—0·08

Zwischen den täglichen Bewegungen der Uranusmonde μ hat Rydberg eine merkwürdige Beziehung entdeckt[1]; zwischen den Zahlen:

$\mu_1 = 142{\cdot}835430^0$; $\mu_2 = 86{\cdot}868790^0$; $\mu_3 = 41{\cdot}351280^0$; $\mu_4 = 26{\cdot}73942^0$

besteht nämlich die Gleichung:

$$\mu_1 - \mu_2 - 2\mu_3 + \mu_4 = 0$$

Zählt man die Längen der vier Monde in ihren Bahnen von einem Punkte aus, der $53{\cdot}79^0$ vom aufsteigenden Knoten (in der Ekliptik) absteht, so wird:

$$L_1 - L_2 - 2L_3 + L^4 = 0$$

Sucht man die Zeit, nach welcher die Monde in dieselben Lagen zurückkehren, so findet man, daß folgende Anzahlen von Umläufen einander nahe entsprechen:

Trab.	Anz. der Umläufe	Umlaufszeit (Tage) beobacht.	berechn.	Diff. beob.-ber.
I	5347	2·520383	2·520428	—45
II	3252	4·144181	4·144136	+45
III	1548	8·705897	8·705898	— 1
IV	1001	13·463269	13·463267	+ 2

Die gesuchte Periode beträgt 13476·73 Tage = 36 Jahre (jul.) 327·73 Tage. Auch ist 5347 — 3252 — 2 × 1548 + 1001 = 0

Neptun. — Auf der Yerkes-Sternwarte hat Barnard am 40zöll. Refractor die Stellungen des Neptunmondes gemessen[2]; auf dem Neptun selbst konnten Flecken nicht gesehen werden, nur bei einer Gelegenheit wurde einiges Detail vermuthet. Die Beobachtungen fielen in den Herbst und Winter 1897/98, eine für jene Gegend recht ungünstige Jahreszeit. Trotzdem waren gelegentlich Messungen des V. Jupitermondes, des Procyonbegleiters und anderer enger Doppelsterne möglich, einmal sogar mit 3750facher Vergrößerung. Barnard erwähnt rühmend die Güte des großen Objectives, des Mikrometers und der ganzen Aufstellung des Riesenfernrohres. Die Kuppel macht in sechs Minuten eine vollständige Umdrehung.

---

1) Astron. Nachrichten Bd. 147 S. 201.
2) Astronomical Journal, Bd. XIX p. 25.

A. Hall hat Barnard's Messungen zu einer Neuberechnung der Bahn des Neptunmondes verwendet[1]) und gefunden:

T = 1898·0 M. Z. Greenwich
u = 309·10° ω = 134·91°
☊ = 187·22 e = 0·00465 ± 0·00101
i = 118·16 a = 16·223″
Umlaufszeit = 5·87684 Tage.

Aus der Umlaufszeit in Verbindung mit der mittleren Entfernung a ergibt sich die Masse des Neptun gleich 1:19600 der Sonnenmasse. Barnard's Messungen liefern verglichen mit älteren Beobachtungen für die jährlichen Aenderungen von ☊ und i die Beträge +0·164° und —0·159°. Die immer genauere Erforschung dieser Aenderung der Lage der Bahnebene wird mit der Zeit eine indirecte Bestimmung der Neptunsrotation ermöglichen (Jahrb. XXXI, 50).

Planetoiden. — Während zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts die Entdeckung des ersten kleinen Planeten Ceres als ein großes, wissenschaftliches Ereigniß gefeiert und auch in der Jahrhundertmitte die Wiederaufnahme der Planetenauffindungen durch Hencke, Hind, Luther allseitig als sehr wichtig anerkannt wurde, schwand das Interesse an diesen kleinen Gestirnen mit dem Anwachsen ihrer Zahl immer mehr. Nur noch wenige Astronomen beschäftigten sich in den letzten Jahrzehnten mit denselben, die Mehrzahl hielt die auf vollkommenere Erforschung der Planetoidengruppe verwandte Mühe für zwecklos. Von maßgebender Stelle wurde es 1888 für zweckentsprechend erachtet, „die Bestimmung der Bahnen der zur Entdeckung gelangenden neuen Planeten bis zu einem gewissen Zeitpunkt gänzlich ruhen zu lassen.“ Heute erklärt der nämliche Gelehrte „jene“ Astronomen für kurzsichtig, die diesen Beschluß gefaßt oder ihm beigestimmt haben. Und dies kam so. Die Entdeckungen neuer Planeten häuften sich nach 1888 noch mehr als vorher, es fanden sich auch Berechner, die deren Bahnen bestimmten, die Aufsuchung und damit auch die Berechnung wurde durch die von Prof. M. Wolf eingeführte photographische Methode vereinfacht und abgekürzt. Es ist mittels dieser Methode in wenigen Jahren gelungen, alle

1) Astronomical Journal, Bd. XIX p. 65

helleren Glieder der Gruppe kennen zu lernen, wie aus der Seltenheit neuer Funde hervorgeht, und nur solche Gestirne konnten der Aufzeichnung auf der Platte entgangen sein, die in ganz ungewöhnlichen Bahnen laufen. Derartige unvermuthete Entdeckungen hat nun das Vorjahr gebracht.

Am 13. August 1898 photographirte G. Witt auf der Uraniasternwarte in Berlin eine Gegend im Sternbild Wassermann und fand am folgenden Tage auf der Platte einen ungewöhnlich langen Strich, der von einem sehr rasch nach Westen laufenden Planeten 11. Gr. gezogen worden war. Zufällig hatte auch Charlois in Nizza dieselbe Gegend noch eine Stunde früher als Witt aufgenommen, doch kam ihm letzterer in der Bekanntmachung der Entdeckung um mehrere Tage zuvor, sei es daß man in Nizza den Planetenstrich nicht bemerkt hatte oder erst eine directe Beobachtung abwarten wollte, die sich aber aus verschiedenen Gründen verzögerte. Als Witt bis Ende August den scheinbaren Lauf des neuen Gestirns durch eine Reihe genauer Ortsbestimmungen festgestellt hatte, konnte an die Berechnung der Bahn geschritten werden. Das Resultat, das durch die späteren, von mehreren Astronomen ausgeführten Rechnungen im Wesentlichen bestätigt wurde, war gänzlich unerwartet und wurde deshalb anfänglich mit Mißtrauen aufgenommen. Der neue Planet besitzt nämlich eine kürzere Umlaufszeit als der Planet Mars und kann der Erde in seiner ziemlich stark excentrischen Bahn auf 20 Mill. km. nahe kommen, also auf die Hälfte der geringsten Entfernung der Venus, bisher des erdnächsten Planeten. In seiner Sonnenferne steht Planetoid Witt allerdings jenseits der Marsbahn; diese kreuzt er zweimal in großem Abstand ober- und unterhalb ihrer Ebene, so daß er vom Mars weiter entfernt bleibt (25 Mill. km.) als von der Erde. Diese eigenthümlichen Bahnverhältnisse machten die Einreihung des neuen Gestirns in das Planetensystem zweifelhaft. Es erhebt sich die Frage, ob es auch zwischen den Bahnen der Erde und des Mars eine Gruppe kleiner Planeten gebe oder ob wir es mit einem durch Störungen abgelenkten Gliede des eigentlichen Planetoidenringes zwischen Mars und Jupiter zu thun haben. Solche Störungen könnten aber höchstens durch den Mars bewirkt worden sein und zwar vor hunderttausenden oder Millionen von Jahren und auch nur in dem Falle, daß die Bahn des neuen Gestirns vorher schon abnorm war. Auch sollte

man dann annehmen, daß es noch mehr solche versprengte Glieder der Planetoidengruppe geben müßte. So gelangt man zur gleichen Folgerung, wie wenn man die Voraussetzung macht, daß es kleine Planeten überall im Sonnensysteme gibt, nicht blos zwischen Mars und Jupiter. Hiergegen könnte zwar der Einwurf erhoben werden, daß man bisher solche Körper nur in der genannten Zone entdeckt hat, daß man auch andere hätte entdecken müssen, wenn es solche gäbe. Ein solcher Einwurf ist aber hinfällig, wie leicht zu zeigen ist. Man sucht nämlich fast nur in der Nähe der Ekliptik nach Planetoiden und nur dann, wenn diese der Sonne gegenüber stehen. Hat ein Beobachter an einem Abende einen verdächtigen Stern bemerkt und in eine Karte eingetragen, so wird er ihn am nächsten klaren Abende westlich von jener ersten Stelle suchen, da in der Opposition die Planeten retrograd, von Ost nach West laufen. Kommt aber ein solches Gestirn in stark elliptischer Bahn der Erde sehr nahe, dann kann es auch in der Opposition sich rechtläufig bewegen, was man an vielen kurzperiodischen Kometen sieht. Der Beobachter findet dann den Stern nicht mehr, hält ihn vielleicht für einen verblaßten Veränderlichen und ahnt es nicht, daß er einen in ganz abnormer Bahn laufenden Planeten vor sich gehabt hat. Ist die Neigung der Bahn eines derartigen Körpers nicht ganz klein, so kreuzt derselbe in seiner Erdnähe die Ekliptik sehr rasch und es muß als großer Zufall betrachtet werden, wenn er um diese kritische Zeit erhascht und in seiner Natur richtig erkannt wird. Auch die photographische Auffindung ist in einem solchen Falle erschwert, da die sehr in die Länge gezogene Planetenspur sehr schwach ausfällt. Erdnahe Planetoiden werden überhaupt meist in höheren Breiten sich aufhalten, selbst bei mäßiger Neigung ihrer Bahnebenen. Man kann also kurz sagen, Planeten in der Nähe oder gar innerhalb der Erdbahn wurden bisher nicht entdeckt, weil nicht nach ihnen gesucht worden ist. Kleine Planeten jenseits des Jupiter zu finden ist noch geringere Hoffnung vorhanden, vor allem wegen ihrer Lichtschwäche.[1]) Es kann daher nur für zweckmäßig gehalten werden, daß der Witt'sche Planet in die Gruppe der Planetoiden als Nr. 433 eingereiht worden ist, wobei einfach die Beschränkung der Gruppe auf den Raum zwischen Mars- und Jupiterbahn fallen gelassen wurde. Dem ent-

1) S. oben „neunter Saturnsmond?"

sprechend ist in diesem Jahrbuch die Betrachtung der kleinen Planeten an den Schluß des Planetenkapitels gerückt worden.

Damit soll nicht etwa eine Minderwerthigkeit der kleinen im Vergleich zu den großen Planeten ausgesprochen sein. Gerade der Planet 433, dem der bezeichnende Name Eros zuertheilt worden ist, beweist auf's Klarste, wie wichtig solche Entdeckungen für die Himmelskunde werden können. Man wird Eros zu einer sehr sicheren Bestimmung der Sonnenparallaxe gebrauchen können. Schon aus den Beobachtungen der Planeten Victoria, Sappho und Iris konnte diese Größe mit großer Genauigkeit abgeleitet werden (Jahrb. XXXIV, 18), obwohl dieselben in ihren Perihelien der Sonne und der Erde noch nicht so nahe kommen als Eros im Aphel! Steht dagegen Eros in Opposition und nahe beim Perihel, dann würde günstigen Falles der Planetenort, gleichzeitig gesehen in Berlin und auf der Sterwarte am Cap der guten Hoffnung, um 80″ verschieden sein. Für die oben genannten Planetoiden stieg diese parallaktische Verschiebung kaum auf 12″ und doch konnte daraus die Sonnenparallaxe bis auf 0·01″ genau ermittelt werden. Der Planet Eros wird vielleicht die Tausendstel Secunde verbürgen helfen, so daß dann die wahren Dimensionen im Sonnensysteme auf den 10000. Theil zuverlässig angegeben werden können.

Leider treten die sehr günstigen Periheloppositionen, bei denen Eros die 6. Helligkeitsgröße erreicht, nur selten, in Zwischenräumen von 30 Jahren ein. Die letzte derselben hat 1894 stattgefunden. Trotz seiner Helligkeit ist der Planet unentdeckt geblieben, so daß man mit Pickering glauben darf, daß ganz gut noch andere, ebenso große Gestirne dieser Art vorhanden sein mögen. Dieser Gelehrte hat aber durch den photographischen Dienst, den er auf der Harvard-Sternwarte in größtem Maaßstabe eingerichtet hat, die Spur von Eros weit zurückverfolgen können.[1] Auf 23 Aufnahmen, die vom 28. Oct. 1893 bis zum 30. Juni 1896 sich erstrecken und die sämmtlich mit Porträtobjectiven von kurzer Brennweite und großem Gesichtsfeld erlangt sind, ist der Planet nachträglich durch Frau Fleming aufgefunden worden. Der Lauf des Eros war bei der Erdnähe des Planeten 1893/1894 so ungewöhnlich, daß wir hier einige Positionen, sowie die Entfer-

1) Circular der Harvard-Sternwarte Nr. 36 und 37.

nungen in Millionen Kilometern von Sonne (r) und Erde (△) nebst der Helligkeitsgröße anführen; letztere ist unter der Annahme berechnet, daß der Planet am 24. Aug. 1898 gleich 11·5 Größe war. Nach den directen Beobachtungen erschien er heller als 11. Größe, photographisch wirkte er aber nur wie ein Stern 12. Größe.

1893/94	AR	Decl.	r	△	Gr.
28. Nov. . .	7^h $22 \cdot 8^m$	$+57^0$ 48′	180·1	44·9	8·7
14. Dec. . .	7 45·3	+56 9	175·0	35·0	8·1
30. „	7 44·6	+49 7	171·4	27·3	7·6
15. Jan. . .	7 30·8	+33 55	169·6	23·1	7·2
31. „	7 23·6	+14 15	169·8	24·0	7·3
16. Febr. . .	7 30·8	— 0 18	171·8	29·8	7·7
4. März. .	7 50·3	— 8 1	175·8	38·5	8·3
20. „	8 18·5	—11 33	180·9	62·0	8·9
21. April . .	9 29·6	—13 52	194·4	75·7	10·0

Nur vier oder fünf Planetoiden werden so hell, oder heller als Eros 1894 gewesen sein mußte, und doch ist dieser damals übersehen worden. Er durcheilte im Maximum am 21. Jan. 76′ in Declination, während seinerzeit schon die Declinationsbewegung des Planeten 391 im Betrage von 30′ im Tage als unerhört betrachtet wurde (Jahrb. XXXI, 42).

Im Anschluß an jene früheren, photographisch fixirten Oerter hat S. C. Chandler folgende Bahnelemente für Eros berechnet, giltig für 31. Aug. 1898, 12^h Mittl. Zeit Greenwich:

$$M = 221^0\ 35 \cdot 8' \qquad e = 0 \cdot 22273$$
$$\left.\begin{array}{l} \omega = 177\ \ 37 \cdot 9 \\ \Omega = 303\ \ 32 \cdot 0 \\ i = 10\ \ 50 \cdot 2 \end{array}\right\} 1898 \cdot 0 \qquad \begin{array}{l} q = 1 \cdot 13334 \\ \mu = 2015 \cdot 23'' \end{array}$$

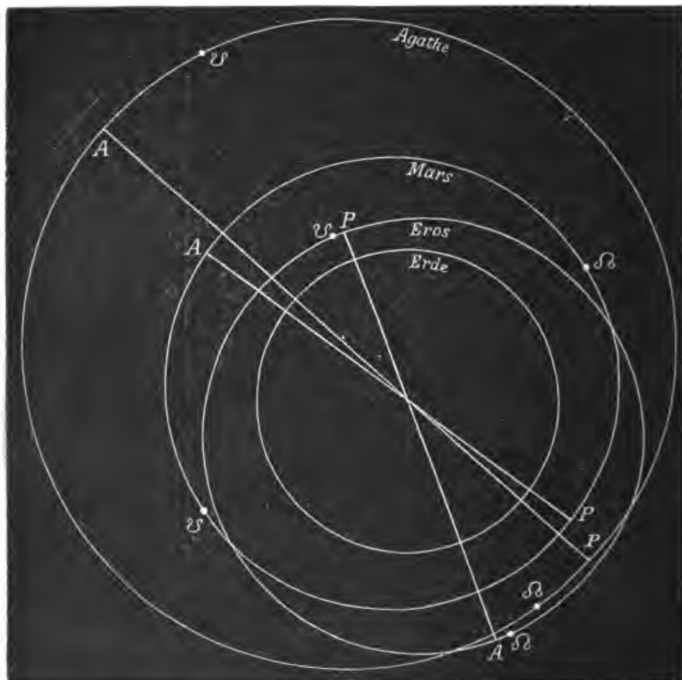
Umlaufszeit 643·10 Tage.

Die Lage der Bahn wird, abgesehen von der Neigung, die aber nur mäßig ist, in Figur 1 veranschaulicht, in der noch die einzige Planetoidenbahn, in welche die Erosbahn eingreift, die des Planeten (228) Agathe mitabgebildet ist. Die geringste Entfernung dieser zwei Planeten beträgt ungefähr 6 Mill. km.

Zwischen der Umlaufszeit von (433) Eros und der kürzesten unter den vorher entdeckten Planeten, die 1171 Tage beträgt, bestand nun eine sehr große Lücke. Aber gleich der nächste Planet

verminderte dieselbe erheblich. Eine in Heidelberg gemachte Himmelsaufnahme vom 11. Sept. enthielt nämlich zwei Planeten, von denen der eine die sehr starke Declinationsbewegung von 24′ gegen Süden zeigte. Die Beobachtungen dieses Gestirns, das auf der

Fig. 1.



Lage der Bahnen der Erde, von Mars, Eros und Agathe
(P = Perihel, A = Aphel, ☊☋ = auf- und absteigender Knoten der Bahn.

im September zu Budapest tagenden Astronomenversammlung den Namen Hungaria erhielt, reichen bis Januar 1899 und stimmen gut mit der Bahnberechnung, die auf eine Umlaufszeit von 998 Tagen führte. Diese Zahl ist zwar noch um ein Jahr größer, als die Periode von Eros, aber um nahezu ein halbes Jahr klei-

ner als die Umlaufszeit von (244) Sita und (149) Medusa (1171 Tage). Die Bahn der Hungaria ist nur wenig excentrisch (e = 0·074), liegt deshalb in ihrem ganzen Verlaufe jenseits der Marsbahn; die Ekliptik schneidet sie unter dem starken Winkel von 22·6°. Die Perihelдistanz der Hungaria beträgt 269 Mill. km, während Eros im Aphel nur 266·5 Mill. km von der Sonne entfernt ist.

Der Planetoid (434) Hungaria deutet ebenfalls auf die Möglichkeit, ja man darf sagen, Wahrscheinlichkeit, daß noch mancher sonnen- und erdnaher kleiner Wandelstern vorhanden sein mag. Dazu mögen einige der unvollständig beobachteten und daher unsicher berechneten Planetoiden gehören. So hat sich für (323) Brucia, die erste photographische Entdeckung auf diesem Gebiete, eine Umlaufszeit von 1158 Tagen ergeben, die aber wegen ihrer Kleinheit für sehr fehlerhaft erachtet wurde. Vermuthlich ist die wahre Periode noch kürzer. Ein am 16. und 23. Jan. 1893 in Heidelberg photographirter, schwacher Planet (Nr. IX im Jahrb. XXX, 37) hatte drei Jahre Umlaufszeit und ähnlich rasch scheinen noch einige andere unberechnet gebliebene Gestirne ihren Weg um die Sonne zurückzulegen. In der Voraussetzung, daß wir bald wieder über solche interessante Funde werden berichten können, geben wir hier noch eine Uebersicht über die gesammten Planetenentdeckungen aus dem Jahre 1898; falls keine Bahn berechnet worden ist, unterblieb die Numerirung.

Planet	Entdeckt von	am	Gr.
433	Witt	13. Aug.	10·5
434	Wolf	11. Sept.	11·5
435	Wolf	11. „	11·0
436	Schwaßmann	13. „	12·0
437	Charlois	16. Juli	10·8
438	Charlois	8. Nov.	12·0
DV	Wolf	6. „	13
DW	Wolf	6. „	13
DX	Villiger	6. Nov.	13
DY	Wolf	13. „	13·5
DZ	Villiger	17. „	13
EA	Schwaßmann	13. Nov.	13

Planet	Entdeckt von		am	Gr.
439	Coddington	. . .	13. Oct.	11·5
440	„	. . .	13. „	12·5
441	Charlois	. . . .	8. Dec.	11·3

Der Planet 441 ist die hundertste derartige Entdeckung, die Charlois in Nizza gelungen ist, wenn 7 Planeten mitgezählt werden, für die entweder nur eine kreisförmige oder überhaupt keine Bahn berechnet ist. In Heidelberg hat Prof. Wolf mit Schwaßmann und Villiger die Aufnahmen gemeinsam gemacht.

Nahe Uebereinstimmungen der Bahnen neuer mit denen älterer Planetoiden lassen sich in mehreren Fällen anführen; besonders merkwürdig ist die erste unter den nachfolgenden Gruppen:

	Planet	ω	Ω	i	e	a	Periode
I	435	331·5°	23·0°	1·9°	0·155	2·452	3·84 Jahre
	126	325·4	23·4	2·9	0·106	2·438	3·81 „
II	436	26·7	352·0	18·6	0·082	3·192	5·70 „
	328	102·9	353·2	16·1	0·120	3·108	5·48 „
III	440	80·1	49·6	6·4	0·163	2·716	4·48 „
	384	30·4	48·2	5·7	0·147	2·652	4·32 „
IV	DW	?	229·2	14·7	?	2·611	4·22 „
	397	137·7	228·5	12·7	0·239	2 633	4·27 „

Die Heidelberger Novemberplaneten sind wegen ihrer geringen Helligkeit nicht weiter verfolgt worden; fast sämmtliche in den letzten Jahren auf den photographischen Platten gefundenen helleren Planeten erweisen sich als bereits bekannt und die lichtschwachen bieten im Allgemeinen kein besonderes Interesse. Nur DX und EA hätten Beachtung verdient, wegen der starken Neigungen ihrer Bahnen gegen die Ekliptik (22·5° und 27·4°) und der langen Dauer ihrer Umlaufszeiten (6·0 und 7·0 Jahre); diese Zahlen, namentlich die Perioden, waren aber nur ganz roh zu bestimmen.

Das Zodiakallicht. — Wenn es auch einstweilen nur als wahrscheinlich bezeichnet werden kann, daß kleine Planeten auch in dem Raume innerhalb der Marsbahn vielleicht bis zur Sonne hin existieren, so ist doch das Vorhandensein kleinster Körperchen, Meteoriten, in diesem Raume sicher erwiesen. Die innerhalb der Erdbahn stehenden Körperchen müßten, wenn wir Fernrohre hätten, die sie einzeln erkennen ließen, sich unter den verschiedensten Phasen zeigen — wie Venus oder Mercur — je nach ihrer Stel-

lung zur Sonne. Ihre Gesammtheit kann ganz wohl das Bild des Zodiakallichtes, jenes von der Sonne nach beiden Seiten sich erstreckenden leuchtenden Doppelkegels geben, dessen eine Hälfte im Frühjahr des Abends, die andere im Herbste Morgens für unsere Gegenden bequem sichtbar ist. Von den außerhalb der Erdbahn befindlichen Körperchen reflectiren nur jene genügend Licht, welche der Sonne gegenüber stehen, also voll beleuchtet sind; dies ist der „Gegenschein“.

Es sind neuerdings wieder Meinungen laut geworden, daß die Helligkeit des Thierkreislichtes Schwankungen unterworfen sei. Eine Entscheidung würde nur dann zu erzielen sein, wenn zahlreiche Beobachter Jahre lang dem interessanten Gegenstande ihre Aufmerksamkeit widmen wollten, wozu hier noch besonders aufgefordert werden möge.

Die Kometen und Meteore.

Neue Kometen des Jahres 1898. — In der Zahl der Kometenentdeckungen übertrifft das abgelaufene Jahr alle früheren; zehn Kometen wurden beobachtet, die 1898 ihr Perihel passirten, nämlich:

Komet	Entdecker u. Entdeckungstag		Bemerkungen
I	Perrine	20. März	Elliptisch.
II	(Perrine) . . .	2. Jan.	period. K. Winnecke.
III	(Tebbutt) . . .	7. Juni	period. K. Encke.
	(Grigg)	11. "	
IV	(Hussey). . . .	16. "	period. K. Wolf.
V	Giacobini . . .	18. "	
VI	Perrine	14. "	
VII	Coddington . .	11. "	photogr. entdeckt.
	W. Pauly. . .	14. "	
VIII	Chase	14. Nov.	photogr. entdeckt.
IX	Perrine	13. Sept.	
	Chofardet . . .	14. "	
X	Brooks	20. Oct.	

Die Wiederauffindung der drei mit Bestimmtheit erwarteten periodischen Kometen konnte schon im vorigen Jahre kurz angeführt werden. Von den zehn Kometen sind sechs auf der Licksternwarte

zuerst gesehen worden, gewiß eine hervorragende Leistung eines einzelnen wissenschaftlichen Institutes, das auch auf so vielen anderen Gebieten eine eifrige Thätigkeit entwickelt. „Noch nicht dagewesen“ ist ein solcher Reichthum an Kometen, wie ihn der Juni brachte. In der Woche vom 11. bis zum 18. wurden nicht weniger als fünf Kometen gefunden (die Auffindung des Encke'schen Kometen durch Grigg am 7. Juni ist erst lange Zeit später bekannt geworden). Bisher waren einmal drei Kometen innerhalb von fünf Tagen (18. bis 23. Jan. 1887) und einmal drei innerhalb von elf Tagen (20. bis 31. Aug. 1873) entdeckt worden.

Denning hat kürzlich eine Uebersicht über die von 1868 bis 1897 erschienenen Kometen gegeben [1]), deren Bahnen berechnet werden konnten. Ihre Zahl beläuft sich auf 135, von denen aber 37 Wiederkünfte erwarteter periodischer Kometen abzuziehen sind. Auf jedes dieser 30 Jahre kommen also durchschnittlich 4·5 und ohne die wiederkehrenden 3·3 Kometen. Das Jahr 1886 hatte 9, 1881 8, 1873 und 1890 7, dagegen 1872 und 1876 gar keine und 1875 nur 2 periodische Kometen gebracht. In den einzelnen Monaten wurden in dem Zeitraume von 1782 bis 1897 an Kometen entdeckt:

Jan. . .	22	April . .	27	Juli . .	37	Oct. . .	26
Febr. . .	21	Mai . .	20	Aug. . .	43	Nov. . .	34
März . .	24	Juni . .	22	Sept. . .	25	Dec. . .	27

Von 1782 bis 1841 erschienen 87 (jährlich im Durchschnitt 1·45), von 1842 bis 1897 hingegen 241 Kometen (jährlich 4·3).

Komet 1898 I. — Ueber die Erscheinung dieses Kometen geben folgende Beobachtungen von H. Kobold am 18zöll. Refractor der Straßburger Sternwarte [2]) Auskunft. „30. März: Kern 9. Größe. — 5. April: Bei hellem Mondscheine ist der Komet als sehr heller, stark verdichteter Nebel von 1′ Ausdehnung sichtbar. Verdichtung von der Helligkeit eines Sterns 9. Gr., an der nördlich vorangehenden Seite derselben liegt der Kern 10. Gr. Der breite Schweifansatz ist noch zu erkennen. — 14. April: Der Komet erscheint bei sehr geringer Höhe als ein stark verdichteter, sehr heller Nebel von 2′ Ausdehnung. Gesammthelligkeit = 9. Gr. — 13. Mai: Komet ein ziemlich heller Nebel von parabolischer

1) Publ. of the Astr. Soc. of the Pacific Bd. X p. 18.
2) Astron. Nachrichten Bd. 148, S. 7.

Form mit Kern 10. Gr. — 20. Mai: Verdichtung 11. Gr. — 27. Mai: Bei Mondschein und sehr schlechter Luft ist der Komet nur mit einiger Mühe zu erkennen als ein blasser Nebel mit einer im vorangehenden Theile liegenden Verdichtung. — 20. Juni: Komet noch ziemlich hell, aber nur wenig verdichtet. — 12. Juli: Komet ein ziemlich schwacher Nebel von 1′ Ausdehnung mit etwas hellerer Mitte; Kern nicht zu erkennen. — 15. Juli (letzte Beobachtung): Bei besserer Luft als am 12. erscheint der Komet als kleiner, ziemlich heller runder Nebel mit centraler Verdichtung; Kern 12. bis 13. Größe.“ Am längsten wurde der Komet auf der Lickſternwarte, nämlich vom 20. März bis 15. November, beobachtet.

In Wien hat J. Holetschek an dem $1^1/_2$ zöll. Sucher des 6 zöll. Refractors Beobachtungen über die Gesammthelligkeit und die Schweiflänge angestellt[1]) ähnlich wie an vielen früheren Kometen (Jahrb. XXX 63). Die geschätzte Helligkeit sei m, die auf die Einheit der Entfernungen von der Sonne (r) und der Erde (Δ) nach der Formel $M = m - 5 \log r\Delta$ reducirte Helligkeit $= M$; unter m und M sind Sterngrößen zu verstehen. Für die scheinbare Schweiflänge C gibt Holetschek bisweilen zwei Zahlen; von diesen bedeutet die eine die Länge, bis zu welcher der Schweif ganz deutlich zu sehen war, die andere, in Klammern gesetzte die Länge, bis zu welcher er an Tagen mit besonders klarer Luft noch eben verfolgt werden konnte.

1898	m	M	C	
21. März	6·7	5·5	10′	(60′)
27. „	6·1	4·9	20	(60)
29. „	—	—	30	—
31. „	5·6	4·3	—	—
14. April	6·3	4·8	20	
27. „	6·8	5·0	10	(20)
30. „	7·3	5·4	5	
14. Mai	7·8	5·5	—	
25. „	8·6	5·9	—	
8. Juni	9·5	6·4	—	

Wäre dieser Komet Anfangs Juli in sein Perihel gelangt, so würde er der Erde über sechsmal näher gekommen sein und eine

1) Astron. Nachrichten Bd. 147, S. 331.

etwa 40 mal größere Helligkeit erreicht haben; man würde ihn dann wohl so leicht wie Sterne 2. bis 3. Größe und den Schweif in einer Länge von mehreren Graden gesehen haben. Möglicherweise ist er auch schon in solcher Helligkeit früher einmal erschienen; seine Bahn erwies sich nämlich, wie schon im vorigen Jahre hier vermuthet wurde, als eine Ellipse mit einer Umlaufszeit von wenigen Jahrhunderten. Perrine berechnete diese zu 305·2 Jahren, Pokrowskij und Verf. gelangten zu einer Periode von 322·6 Jahren, die aber wohl noch zu kurz ist. Wahrscheinlich stammt die kurze Umlaufszeit von wiederholten Störungen durch den Planeten Jupiter her, dem sich der Komet auf 1·3 Erdbahnhalbmesser nähern kann.

Komet 1898 II (periodischer Komet Winnecke). — Auf der Licksternwarte wurde dieser Komet von Perrine, der ihn am 1. Jan. 4′ vom berechneten Orte entfernt wiedergefunden hatte, bis zum 28. Febr. beobachtet. Ueber sein Aussehen macht Perrine folgende Angaben [1]). 20. Jan.: Komet sehr deutlich mit 30″ Durchmesser, centrale Verdichtung, in der zuweilen ein Kern aufblitzt. Gesammthelligkeit 14. Größe. — 28. Jan.: Komet 30″ bis 40″ Durchmesser mit Kern, der zuweilen sternartig (16. Gr.) erscheint. — 29. Jan: Der sternartige Punkt ist unsichtbar. — 18. Febr.: Komet 1′ Durchmesser, mit centraler Verdichtung 12·5. bis 13. Größe. — 21. Febr.: So hell wie ein Stern 12. Größe. — 28. Febr.: Komet in der Dämmerung beobachtet. Die Helligkeit hat also mit der Annäherung des Kometen an die Sonne sehr schnell zugenommen; Beobachtungen nach dem Periheldurchgange sind nicht bekannt geworden.

Komet 1898 III (Encke'scher Komet). — Nach A. Iwanow's Berechnung sollte der Periheldurchgang auf Mai 26·8366 M. Z. Berlin fallen. Die geringste Entfernung von der Erde (41 Mill. km) erreichte der Komet am 7. Juli. Der Fehler des berechneten Ortes betrug nach Tebbutt's erster Beobachtung am 11. Juni 6′, was in Anbetracht der Nähe des Kometen als gute Uebereinstimmung gelten kann. Diese erste Beobachtung geschah an einem Fernrohr von nur 4½ Zoll Oeffnung; dabei erschien der Komet, der noch in der hellen Dämmerungszone stand, als kleiner runder Nebel, der gegen die Mitte etwas verdichtet war.

1) Astronomical Journal, Bd. XIX p. 50.

Auch im Jahre 1898 wiederholte sich der bei den früheren Erscheinungen nach dem Perihel beobachtete Vorgang, daß der Encke'sche Komet der Rechnung entgegen sehr schnell verblaßte. Am 25. Juni fand ihn Tebbutt trotz schöner, klarer Luft mit dem $4^1/_2$ zöll. Refractor überhaupt nicht auf. Am folgenden Abend konnte er ihn mit einem schwach vergrößernden Oculare als äußerst schwachen Lichtfleck von 2′ bis 3′ nur schwer sehen. Am 27. Juni wurde der Komet mit dem 8-Zöller vergeblich gesucht. Am 10. Juli sah Tebbutt zum letzten Male mit diesem Fernrohre nach dem Kometen. Die Luft war brillant klar, aber erst, nachdem der Beobachtungsraum gänzlich dunkel gemacht war, vermochte Tebbutt bei seitlichem Sehen etwas schwaches Weißes von 5′ bis 6′ Durchmesser zu ahnen. Nach der Rechnung hätte die Helligkeit um $^1/_4$ größer sein sollen als am 10. Juni; außerdem war die Stellung am dunklen Nachthimmel sehr viel günstiger geworden. Es sind offenbar ganz eigenartige Ursachen, welche das Leuchten der Kometen bedingen!

Komet 1898 IV (periodischer Komet Wolf). — Als eine vorzügliche Leistung astronomischer Rechnung hat sich die von Pfarrer A. Thraen in Dingelstädt ausgeführte Bestimmung der Bahn des Wolf'schen Kometen erwiesen. W. J. Hussey auf der Licksternwarte fand dieses Gestirn schon am 16. Juni auf und zwar stand die Mitte des Kometen, dessen Durchmesser 1′ groß war, vom berechneten Orte nur um 0·2′ ab, d. h. praktisch genommen stand der Komet an der ihm durch Thraen's Rechnung angewiesenen Stelle. Die hierdurch bestimmte Umlaufszeit von jetzt 2500·2 Tagen ist bis auf wenige Minuten genau.

Der Komet war übrigens keineswegs so sehr lichtschwach, wie man anzunehmen geneigt war. Dies geht schon aus der frühzeitigen Auffindung hervor. Dr. Kobold nennt ihn am 16. Juli einen „kleinen runden hellen Nebel mit centraler Verdichtung 11. Gr. — 13. Sept.: Schwacher Nebel von 2′ Ausdehnung mit Verdichtung 12. Gr. — 19. Nov.: Ziemlich schwacher Nebel von 1·5′ Durchmesser mit geringer Verdichtung“. Am Hamburger Neunzöller wurde der Komet von Dr. Schorr im August freilich nur „sehr schwach, als 1′ große Nebelmasse mit deutlicher Verdichtung 12. Gr.“ gesehen. Beim Suchen nach dem Leonidenkometen 1866 I fand Pechüle, Observator der Sternwarte in Kopenhagen den Wolf'schen Kometen am 13. Sept. als 11. Gr.

auf und meldete ihn als neu oder als vielleicht mit dem gesuchten identisch. Offenbar hatte er wegen der vermeintlichen Lichtschwäche sich nie nach dem Kometen Wolf umgesehen. Um zufällig entdeckt zu werden muß ein Komet aber schon ziemlich hell sein. Der „neue" Komet wurde dann selbst mit kleinen Fernrohren (6 Zoll) beobachtet.

Komet 1898 V. — Bei der Entdeckung mäßig hell, von Dr. Hartwig in Bamberg als „rund, Durchmesser 2′, Helligkeit 10. Gr., excentrische Verdichtung" beschrieben, nahm der Komet bald ab, da seine Stellung sehr ungünstig wurde und die Entfernung von der Erde sich rasch vergrößerte. Nach Kobold's Beobachtungen erschien der Komet am 16. Juli bei guter Luft als äußerst schwache Nebelmasse, in deren vorangehendem Theile sich ein Kern 15. Gr. befand. Am 15. und 18. Juli waren die Verhältnisse für die Beobachtung noch ungünstiger.

Die Elemente der Bahn dieses Kometen sind von mehreren Astronomen berechnet worden; auf den längsten Beobachtungszeitraum, 19. Juni bis 18. Juli, gründet sich folgendes System von A. Stichtenoth:

T = 1898 Juli 25·55046 M. Zt. Berlin
ω = 22° 24′ 35·4″ }
☊ = 278 17 9·8 } M. Aequ. 1898·0
i = 166 51 1·2 }
q = 1·501275

Komet 1898 VI. — Bei der Entdeckung (mitte Juni) stand der 2′ große Komet, der die Helligkeit eines Sternes 9. Gr. besaß, an der Grenze der Sternbilder Giraffe und Perseus. Er bewegte sich mit zunehmender Helligkeit nach Südosten durch den Fuhrmann, Zwillinge, Hydra bis in Centaur. Auf der nördlichen Halbkugel konnte er nicht sehr lange beobachtet werden, auf der Licksternwarte bis zum 11. August. Am 7. Aug. erschien er in der Gesammthelligkeit gleich einem Stern 7. Gr., während der Kern wie ein Stern 9. Gr. aussah.

Der Entdecker hat selbst folgendes Elementensystem aus Beobachtungen berechnet, die vom 16. Juni bis 7. Aug. reichen; bemerkenswerth ist die Aehnlichkeit dieser Bahn mit der des periodischen Kometen Pons-Brooks 1812—1884 I, sowie, allerdings in geringerem Grade, mit einigen anderen Kometenbahnen, die zum Vergleiche hier beigefügt werden:

Komet 1898 VI

T = 1898 Aug. 16·23699 M. Zt. Berlin

ω =	205°	36′	24·0″	1898·0
☊ =	259	6	12·2	
i =	70	1	36·7	

q = 0·626542

e = 1·000000

	Pons-Brooks	1785 I	Tuttle
T =	1884 Jan. 25	1785 Jan. 27	1899 Mai 4
ω =	199° 11′·6	205° 40′	206° 39′
☊ =	254 5·7	264 12	269 50
i =	74 2·6	70 14	54 29
q =	0·7757	1·1434	1·0191
e =	0·9550	1·0000	0·8217

Die Umlaufszeit des Kometen Perrine beträgt mindestens einige Jahrtausende.

Komet 1898 VII. — Auf einer photographischen Aufnahme der Gegend bei dem Stern Antares fand am 11. Juni Coddington einen ziemlich hellen Kometen. Am 14. Juni beobachtete W. Pauly in Bukarest mit einem Reinfelder'schen Fernrohre von 75 mm Oeffnung einen bei Antares stehenden Sternhaufen und bemerkte südwestlich hiervon einen kleinen Nebelfleck, den er am 16. an der inzwischen erfolgten Bewegung als Kometen erkannte. Hieraus ist zu ersehen, daß immer noch Kometenentdeckungen an kleinen Fernrohren gelingen können. Aus photographischen Aufnahmen, die am 14. Juni von King auf der Harvardsternwarte gemacht wurden, bestimmte Wendell die Leuchtkraft des Kometenkerns durch Messung und fand sie gleich der eines Sterns 7·7 Gr., dessen Bild über einen Kreis von 1′ im Durchmesser ausgebreitet ist. Die rasche südliche Bewegung entzog den Kometen schon nach wenigen Wochen den Augen der Beobachter auf den nördlichen Sternwarten; am 17. Nov. stand er nur 5·5° vom Südpol entfernt. Ende December war der Komet noch bequem in einem 6 zöll. Refractor sichtbar.

Aus Beobachtungen vom 18. Juni, 11. Aug. und 4. Oct. hat Merfield in Sydney folgende Elemente berechnet, deren hyperbolischer Charakter indessen noch nicht außer Zweifel sein dürfte:

T = 1898 Sept. 14·089367 M. Zt. Berlin
$\omega = 23$[illegible]$^{0}\ 15'\ 36{\cdot}5''$ ⎫
$☊ = \ \ 73\ \ \ 59\ \ \ 20{\cdot}7$ ⎬ 1898·0
$i = \ \ 69\ \ \ 55\ \ \ 57{\cdot}0$ ⎭
$q = 1{\cdot}701484$
$e = 1{\cdot}000754$

Komet 1898 VIII. — Auf der Yale-Sternwarte wurden am 14. Nov. 1898 eine große Anzahl photographischer Apparate auf die Umgebung des Leonidenradianten gerichtet zum Zweck von Sternschnuppenaufnahmen. Die Durchsuchung der Platten führte am 21. Nov. zur Auffindung eines kleinen Nebelflecks, der sich bei directer Beobachtung als ein Komet erwies. So hat im vorigen Jahre die Photographie zwei Kometenentdeckungen ermöglicht, während früher, abgesehen von dem bei der Sonnenfinsterniß von 1893 von Schäberle photographisch entdeckten Kometen, nur ein solches Gestirn, der Komet 1892 V Barnard, auf der Platte aufgefunden worden ist.

Auf der Licksternwarte schätzte Hussey am 23. Nov. den Kometen 11. Gr.; am 2. Dec. sah er ihn trotz Mondscheines und starken Dunstes ganz gut, klein mit deutlicher Verdichtung aber ohne sternartigen Kern, im Ganzen etwa einem Sterne 12. Gr. gleich. Anfangs Januar wird der Komet von Abetti ebenfalls nur „klein wie ein Stern 12. bis 13. Gr. gesehen, umgeben von einer äußerst schwach leuchtenden Nebelhülle.“ Schorr konnte am 5. Jan. bei guter Luft am Hamburger Neunzöller den Kometen nicht erkennen, den eine Aufnahme an einem Voigtländer'schen 4-Zöller deutlich zeigt (Belichtung 45 Min.). Dr. Kobold hat in Straßburg den Kometen noch am 4. April 1899 beobachtet.

Von den zahlreichen veröffentlichten Elementensystemen wählen wir hier das von Coddington aus Beobachtungen vom 23. Nov., 7. und 16. Dec. 1898 berechnete aus, da dasselbe noch den im Jan. 1899 angestellten Beobachtungen vollkommen Genüge leistet:

T = 1898 Sept. 20·19065 M. Zt. Berlin
$\omega = \ \ 4^{0}\ 37'\ 59{\cdot}9''$ ⎫
$☊ = 95\ \ \ 51\ \ \ 35{\cdot}9$ ⎬ 1899·0
$i = 22\ \ \ 30\ \ \ 20{\cdot}3$ ⎭
$q = 2{\cdot}285031$

Diese Bahn ist als Parabel berechnet; eine von G. Fayet aus Beobachtungen vom 24. Nov. bis 13. Dec. berechnete Bahn

lieferte eine Ellipse mit einer Umlaufszeit von über 180000 Jahren. Diese Ergebnisse machen die anfänglich vermuthete Identität mit dem Kometen 1867 I, der zu Beginn des nächsten Jahrhunderts wiederkehren muß, hinfällig.

Komet 1898 IX. — Nur 12° nordwestlich von dem Orte im Sternbilde des Löwen, an dem im November der vorige Komet stand, war am 13. Sept. von Perrine ein heller Komet entdeckt worden, der einen runden Kopf von 4′ bis 5′ im Durchmesser mit gut ausgeprägter centraler Verdichtung besaß. Der Kopf war so hell wie ein Stern 8. Größe; in der von der Sonne abgewandten Richtung war ein Schweif von 1/4° Länge zu sehen. Der Komet lief sehr schnell auf die Sonne zu, wobei seine Helligkeit bedeutend zunahm. Zugleich entwickelte sich ein deutlicher Kern. Am 27. Sept. vermochte Perrine den Kometen eben mit freiem Auge zu sehen, Cerulli beobachtete ihm am 30. Sept. in voller Dämmerung; Versuche, den Kometen im October bei Tage zu beobachten, sind jedoch erfolglos geblieben. Ende November ging der Komet in nur 9 Mill. km Entfernung beim Mercur vorbei. Beobachtungen nach dem Perihel, die freilich nur auf der Südhalbkugel möglich gewesen wären, sind nicht bekannt geworden. Aus drei Positionen vom 15., 21. und 28. Sept. haben sich folgende Bahnelemente ergeben:

$$T = 1898 \text{ Oct. } 20{\cdot}57786 \text{ M. Zt. Berlin}$$
$$\left.\begin{array}{ll} \omega = & 162^\circ\ 20'\ 25{\cdot}5'' \\ \Omega = & 34\ \ \ 53\ \ \ 31{\cdot}6 \\ i = & 28\ \ \ 51\ \ \ \ \ 1{\cdot}2 \end{array}\right\} 1898{\cdot}0$$
$$q = 0{\cdot}420484$$

Komet 1898 X. — Auch dieses Gestirn war für einen teleskopischen Kometen recht hell; es stand bei der Entdeckung 10° nordöstlich von ζ Ursae majoris und lief sehr rasch nach Südosten. Die letzten bekannt gewordenen Beobachtungen sind in Göttingen und München am 12. Nov. erlangt worden. Auf Beobachtungen vom 21. Oct. bis 6. Nov. gründet sich folgendes von Dr. Ristenpart berechnetes Elementensystem:

$$T = 1898 \text{ Nov. } 23{\cdot}19306 \text{ M. Zt. Berlin}$$
$$\left.\begin{array}{ll} \omega = & 123^\circ\ 33'\ 40{\cdot}8'' \\ \Omega = & 96\ \ \ 20\ \ \ \ \ 1{\cdot}4 \\ i = & 140\ \ \ 21\ \ \ \ \ 4{\cdot}4 \end{array}\right\} 1898{\cdot}0$$
$$q = 0{\cdot}755990$$

Auch hier liegt ein Fall naher Bahnverwandtschaft mit einem früheren Kometen vor, wobei aber eine Identität völlig ausgeschlossen ist, nämlich mit dem Kometen Schäberle 1881 IV, der in folgender Bahn lief:

ω =	122° 7·3′	i =	140° 13·9′
☊ =	97 2·6	q =	0·6335

Entfernte Aehnlichkeit zeigen noch einige andere Kometenbahnen, nämlich:

Komet	ω	☊	i	q
1799	95·8°	99·5°	129·1°	0·840
1787	99·1	106·9	131·7	0·349
1337 {	90·7	93·0	139·5	0·822 L
	108·7	99·1	137·1	0·935 H

Die Elemente des letztgenannten Kometen sind sehr unsicher, wie die Differenz zwischen den zwei Rechnungen von Laugier und Hind erkennen läßt.

Auf der Licksternwarte machten Keeler und Palmer mit dem Croßley-Reflector allabendlich vom 4. bis 14. November photographische Aufnahmen. Die beste Aufnahme ist die vom 5. Nov.; sie dauerte 70 Minuten. Sie zeigt die Koma 4·1′ groß sowie einen sehr schmalen, geraden Schweif von 23′ Länge. Das photographische Aussehen gleicht dem des Kometen Gale 1894 II. Die kürzer belichteten Platten zeigen den Schweif nur schwach oder überhaupt nicht. Dagegen ist auf einer Aufnahme, die mit einer 6 zöll. Porträtlinse bei 77 Min. Belichtung gemacht ist, der Schweif 45′ lang. Die Schweifrichtung wurde auf sechs Platten gemessen und darnach der Unterschied gegen die Richtung der verlängerten Verbindungslinie von der Sonne zum Kometen abgeleitet. Es ergaben sich folgende Differenzen:

5. Nov.	+ 5° 18′	9. Nov.	+ 3° 19′
7. „	+ 2 49	10. „	+ 1 51
8. „	+ 3 10	12. „	— 2 7

Die hier angedeuteten Schwankungen der Schweifrichtung dürften wenigstens theilweise reell sein. Auf der Platte vom 10. Nov., die bei 50 Min. Belichtung erhalten ist, besteht der Kopf des Kometen aus zwei deutlich getrennten Nebelmassen, die von der

nahezu kreisrunden Koma umhüllt sind. Die Nachführung des Fernrohres ist zwar keine ganz vollkommene; doch sind die aus diesem Mangel zu befürchtenden Verzeichnungen gering im Vergleich zu dem 1 mm betragenden Abstande der Mitten der zwei Nebelmassen. Die Aufnahme vom 11. Nov. zeigt diese Theilung des Kernes nicht, was aber deren Realität nicht ausschließt.

Periodische Kometen. — Der erste Tempel'sche Komet ist nicht wiedergefunden worden, trotzdem Perrine mit dem 36-Zöller und mit kleineren Fernrohren die Gegend, die er durchlaufen sollte, mehrmals gründlich durchsucht hat, wobei er eine größere Anzahl neuer Nebel entdeckte. Der Lauf des Kometen war von R. Gautier vorausberechnet worden.[1] Bemerkenswerth sind die starken Störungen, welche dieser Himmelskörper besonders durch den Planeten Jupiter erfahren hat, dem er von 1880 bis 1882 näher als ein Erdbahnradius geblieben war. Die Hauptbahnelemente waren folgende:

Jahr	a	e	Sonnenabstand Perihel	Aphel
1867	3·175	0·508	1·562	4·788
1873 und 1879	3·295	0·463	1·771	4·820
1885 und 1892	3·483	0·406	2·069	4·898
1898	3·496	0·402	2·091	4·901

Die Umlaufszeit ist jetzt 6·54 Jahre; sie wird den Kometen der Erde im Jahre 1905 wesentlich näher bringen als 1898, so daß dann seine Wiederauffindung nicht ausgeschlossen ist.

Auch für die Kometen Denning 1881 V und Tempel 1866 I (Leonidenkomet) sind die Zeiten günstigster Sichtbarkeit vorübergegangen, ohne daß diese Gestirne beobachtet worden wären; für den letzteren Kometen, dessen Periode um einige Jahre unsicher bekannt ist, besteht indessen immer noch die Möglichkeit der Wiederauffindung, vorausgesetzt daß der Periheldurchgang nicht in die Sommermonate fällt. Der Komet Holmes ging am 27. April 1899 durch seine Sonnennähe; die von H. Zwiers berechnete Ephemeride ließ die Wiederentdeckung nicht vor Juni erhoffen. In der That gelang Perrine auf der Lickſternwarte die erste Beobachtung des Kometen am 10 Juni. Der Tuttle'sche Komet von 13·8 Jahren Umlaufszeit ist zuerst am 5. März

1) Astron. Nachrichten Bd. 146, S. 177.

von Prof. Wolf in Heidelberg photographisch wiedergefunden worden; auf der Licksternwarte beobachtete ihn Perrine am 7. März. Der Abstand vom berechneten Orte war ziemlich groß, der Periheldurchgang findet schon am 4. Mai statt. Eine rechte günstige Stellung wird der zweite Tempel'sche Komet bei seiner diesjährigen Wiederkunft einnehmen; der Periheldurchgang fällt nach L. Schulhof's Berechnung auf den 28. Juli.[1])

Für das Jahr 1900 steht die Wiederkehr der Kometen Finlay, Barnard (1884 II) und de Vico (1844—1894) bevor, zumeist jedoch unter ungünstigen Sichtbarkeitsverhältnissen.

Aeltere Kometen. — Im Jahrb. d. Erf. XXIX, 47 wurde über die von Wolf und Barnard erhaltenen photographischen Aufnahmen des Kometen Swift 1892 I berichtet. Solche Aufnahmen hatte auch W. H. Pickering auf der Harvardstation in Arequiba in Peru in großer Anzahl gemacht. Eine genaue Untersuchung derselben hat interessante Aufschlüsse über das physische Verhalten des Kometen geliefert.[2]) Der Schweif war deutlich zweifach, ein innerer und ein äußerer. Der innere Schweif, der direct mit dem Kometenkopfe zusammenhing und einen Monat nach dem Periheldurchgang mindestens zwanzig Grad lang war, bestand aus zwei völlig geraden Strahlen, die mit einander einen Winkel von 10° bildeten. Der äußere Schweif wurde durch wiederholte Eruptionen aus dem Kopf erzeugt; der Winkel, den die Ausbruchsrichtungen mit der Schweifaxe bildeten, nahm später ab, so daß schließlich ein ganzer Schweifbüschel vorhanden war wie beim Kometen von 1744. Wie die Photographien zeigen, wechselte das Aussehen des inneren Schweifes periodisch von einem auf den anderen Tag; einmal war er beim Austritt vom Kopfe einfach, am nächsten Tage gabelte er sich. Diese Erscheinung erkeärt Pickering durch die Annahme, daß der Komet um eine in djr Längsrichtung des Schweifes liegende Axe rotirte und zwar in einer Periode von 94·4 Stunden. Diese Periode wurde unter Hinzuziehung der Aufnahmen von Barnard und Wolf bestimmt. Bessel beobachtete 1835 am Halley'schen Kometen eine Ausströmmung, die in 110stündiger Periode eine pendelartige Schwingung ausführte; wahrscheinlich war dies eine ähn-

1) Wiedergefunden von Perrine am 6. Mai.
2) Astrophysical Journal Bd. VIII p. 255.

liche Rotation wie beim Swift'schen Kometen. Einen bestimmten Punkt im Schweife zu verfolgen war im Allgemeinen nicht möglich; eine Ausnahme fand nur bei den Aufnahmen vom 6., 7., 8. und 10. April statt, wo man ein characteristisches Gebilde vom Kometen sich entfernen sieht mit einer Geschwindigkeit, die von 1 bis 25 Millionen Kilometer pro Tag zunahm. Diese schwer erklärbare Bewegung macht es unwahrscheinlich, daß es sich auf den verschiedenen Aufnahmen wirklich um das nämliche Object handelt. Immerhin wird man aus den reichhaltigen Abbildungen, welche die Photographie selbst von unscheinbaren Kometen liefert, noch großen Nutzen für die Erkenntniß der wahren Natur dieser seltsamen Himmelskörper ziehen können.

Der Komet 1896 III Swift, entdeckt am 6. April und beobachtet vom 16. April bis 20 Juni, ist von R. G. Aitken einer gründlichen Berechnung unterzogen worden.[1]) Es ergab sich eine Hyperbel mit der Excentricität

$$e = 1{\cdot}000476 \pm 0{\cdot}000100.$$

Im Uebrigen unterscheiden sich die Elemente nur unbedeutend von den im Jahrb. XXXIII, 60 angeführten.

Es wäre noch zu untersuchen, ob die Hyperbel ursprünglich schon vorhanden war, d. h. ob der Komet aus einem fremden Systeme in unser Sonnensystem hineingelaufen ist, oder ob seine Bahn eigentlich elliptisch war und durch die Einwirkung der Planeten in eine Hyperbel verwandelt worden ist. E. Strömgren hatte diese Frage bezüglich des Kometen 1890 II geprüft (Jahrb. XXXIII, 70) und war zu dem Schluß gekommen, daß einige Jahre zuvor die Excentricität (der auf den Schwerpunkt des Sonnensystemes bezogenen Kometenbahn) in der That viel weniger von 1 verschieden war als 1890. Eine Fortsetzung jener Rückwärtsrechnung[2]) liefert jedoch nur noch eine unbedeutende Verminderung von e; dieses Element war am

25. Aug. 1886 = 1·000145
9. Oct. 1885 = 1·000129
23. Nov. 1884 = 1·000125
8. Jan. 1884 = 1·000124

Darnach hat sich der Komet 1890 II ursprünglich in einer

1) Astron. Nachrichten Bd. 148, S. 317.
2) Mittheilungen der Sternwarte zu Lund Nr. 1.

hyperbolischen Bahn der Sonne genähert, vorausgesetzt natürlich, daß nicht etwa unbekannte Planeten oder sonstige Ursachen auf die Bahn eingewirkt haben. So gut thatsächlich einzelne Kometen unser System in Hyperbelbahnen verlassen und in den Raum wandern, bis sie nach Jahrmillionen an einer anderen Sonne vorbeiziehen, ebenso wohl können auch fremde Kometen in den Anziehungsbereich unserer Sonne gelangen. Sonderbar bleibt es nur, daß alle bisher nachgewiesenen Hyperbeln sich nur ganz wenig von Parabeln ($e = 1$) unterschieden haben, während bei den Feuerkugeln fast immer sehr stark hyperbolische Bahnen ($e = 2$ oder größer) constatirt werden.

Aus den Beobachtungen von 1889—1891 und denen von 1896/97 hat Prof. J. Bauschinger die Bahn des periodischen Kometen Brooks 1889 V = 1896 VI neu berechnet.[1] Der Bewegung im Octbr. 1896 entsprach die Umlaufszeit 2592·137 Tage; sie war im Vergleich zu ihrem Betrag im Sept. 1889 um 8·8 Tage in Folge der Störungen länger geworden. Der Fehler der aus der ersten Erscheinung berechneten Periode hatte nur 0·2083 Tage betragen.

Die Annahme, daß die periodischen Kometen ihre kurze Umlaufszeit durch Störungen seitens der Planeten erhalten hätten, daß sie von letzteren „eingefangen" worden seien, ist in einigen Fällen (Halley, Méchain-Tuttle, 1889 VI) nur schwer zu erklären, da die betreffenden Kometen allen Planeten fern bleiben. Diese müßen zweifellos schon seit langer Zeit eine der jetzigen ähnliche Bahn beschrieben haben. Diese Thatsache ist auch der von Lagrange aufgestellten Hypothese ungünstig, wonach die periodischen Kometen Eruptionsproducte der Planeten seien, eine Hypothese, die außerdem enorme Ausbruchsgeschwindigkeiten verlangt. Dazu kommt, daß die periodischen Kometen sich so leicht zu theilen und zu zerstreuen scheinen. So muß der Komet Brorsen seit tausenden von Jahren dem Sonnensystem angehören; nach nur dreißig Beobachtungsjahren ist er verschwunden!

„Um diese Räthsel zu lösen, hat man die Wahl zwischen zwei gleich willkürlichen Hypothesen.[2] Man giebt zu, daß die Kometen erst vor kurzer Zeit eingefangen wurden, und nimmt bei jenen,

1) Veröff. des kgl. astr. Rechen-Instituts Berlin, Nr. 8.
2) L. Schulhof, Ueb. d. per. Kometen, Bull. Astr. Bd. XV p. 323.

deren Bahnlagen auf eine bereits sehr lange Existenz schließen lassen, die Wirkung einer uns unbekannten Kraft an, die ihre Bewegung total umgestaltet habe: die Begegnung mit einem unbekannten Himmelskörper oder eine explosive Zertheilung."

„Man kann aber auch folgende zweite Vermuthung hegen. Während einige der periodischen Kometen sich auflösen, könnten sich andere durch Zusammenschluß kleiner Körperchen neu bilden, deren zahllose in Ellipsen um die Sonne laufen. Die wirkende Ursache bestünde in elektrischen und magnetischen Kräften, die jenen Körperchen anhaften. Besitzen die Kometen, was sehr wahrscheinlich ist, einen unzerstörbaren Kern, so könnte dieser den Mittelpunkt für die sich aufsammelnden Theilchen abgeben. Nur den ursprünglichen Bestandtheilen der jetzigen Kometen brauchte man eine lange Existenz zuzuschreiben. Sie sind es, die nach Einfangung nahezu parabolischer Kometen dem inneren Sonnensystem eingefügt wurden. Diese Kometen selbst haben sich aufgelöst. Ihre Ueberbleibsel zerstreuten sich allmählich längs eines elliptischen Ringes; von Zeit zu Zeit entstehen in dem Ringe neue, vorübergehende Ansammlungen, unsere heutigen periodischen Kometen. Diese Art der Entstehung wird auch angedeutet durch das körnige Aussehen, das Barnard als ein fast sicheres Anzeichen einer kurzen Umlaufszeit eines eben entdeckten Kometen betrachtet. So versteht man auch leicht, wie verschiedene Kometen in der nämlichen Gegend sich dem Jupiter nähern, wie gewisse constante Bedingungen zwischen den stark veränderlichen Bahnelementen bei ihnen übereinstimmen. Man vermeidet die langen Zeiträume, die man nothwendig voraussetzen muß bei der Hypothese, daß die zusammengehörenden Kometen einfach durch Theilung eines älteren Kometen entstanden seien. Ferner gibt die neue Hypothese auch Rechenschaft von den Bewegungsanomalien, die bei den periodischen Kometen anscheinend nichts seltenes sind: der Acceleration der Kometen Encke, Biela und Tempel 2, der Verzögerung des Brorsen'schen Kometen."

Die genauere Erforschung dieser Unregelmäßigkeiten bei den einzelnen periodischen Kometen würde eine außerordentlich umfangreiche Rechenarbeit beanspruchen. Sie würde aber die Möglichkeit darbieten, die Form, Lage und Zusammensetzung der sich durchkreuzenden Meteorringe kennen zu lernen, sie würde uns belehren über die Massen, welche, für uns unsichtbar, den Raum zwischen den Planeten erfüllen. Die von Schulhof vorausgesetzten

unzerstörbaren Kometenkerne können sich kaum unterscheiden, abgesehen von ihrer Kleinheit, von den Planetoiden; wir kommen also auf diese Art noch zur Verbindung zweier scheinbar sich völlig fremder Klassen von Himmelskörpern.

Kometarische Meteore. — Die Perseiden waren im Jahre 1898 recht zahlreich; in Paris beobachtete Frl. Klumpke am 10. Aug. 200 Sternschnuppen, während Denning in Bristol am 11. in 4·5 Stunden 106 Perseiden zählte; die Bahnen hellerer Meteore oder anderer, die genau beobachtet waren, trug er in Karten ein. Während dieser Unterbrechungen mögen noch ebensoviele Meteore erschienen sein, so daß bei andauernder Ueberwachung des Himmels stündlich etwa 50 Perseiden hätten gezählt werden können. Von 10 Perseiden konnte Denning die Flugbahnen berechnen.[1]) Im Durchschnitt betrug die Höhe des Aufleuchtens 129·4 km, die des Erlöschens 89·8 km, die Länge der beobachteten Flugbahnen 60·3 km. Diese Höhen sind wesentlich geringer als die 1897 bei 6 Perseiden bestimmten.

Der Wiederkehr der Leoniden wurde 1898 allerorts mit Spannung entgegengesehen, da man fast allgemein einen großen Reichthum an Sternschnuppen für den 13. und 14. Nov. erwartete. Dabei hatte man aber außer Acht gelassen, daß in Folge der Störungen, besonders durch die Planeten Jupiter und Saturn die Mittelpartien des Leonidenschwarms viel weiter außerhalb der Erdbahn vorüberziehen mußten als 1866 (3 Mill. km, statt 1 Mill. km). Die Häufigkeit der Anzahl der gesehenen Sternschnuppen war dementsprechend keineswegs ungewöhnlich, sie war kaum beträchtlicher als die der Perseiden nach Dennings Beobachtungen. Zugleich hatte sich die Zeit des Maximums um nahezu einen Tag verspätet; es trat erst am 15. Nov. um Mittag (M. E. Z.) ein, war deshalb bei uns nicht zu beobachten, dagegen um so besser in Amerika. Diese Verspätung war ebenfalls durch die Rechnung als Folge der Planetenstörungen angezeigt worden. Es genügt wohl aus der Fülle von Berichten einige besonders vollständige herauszugreifen. In Europa wurden wenige Leoniden gesehen, da fast allerwärts der Himmel bedeckt war. Von Wien aus hatten sich mehrere Astronomen auf den Semmering begeben und von da am 14. Nov. (das Datum ist hier immer astronomisch

1) Astron. Nachrichten 147, S. 303.

gerechnet, Tagesanfang um Mittag 0^h) auf den 1520 m hohen Sonnwendstein, wo sie von $15{\cdot}2^h$ bis $17{\cdot}7^h$ auf einem Viertel der Himmelsfläche 250 Meteore zählten, die zu zwei Dritteln Leoniden waren. In Paris wurde am 13. Nov. ein Ballonaufstieg unternommen, der gleichfalls einige Leoniden zu sehen erlaubte. Auf der Lickfsternwarte beobachteten [1]):

	Perrine		Aitken	
am 11. Nov.	in 1·8 St.	8 Leon.	in 3·2 St.	6 Leon.
„ 12. „	„ 2·0 „	10 „	„ 2·0 „	24 „
„ 13. „	„ 3·5 „	38 „	„ 3·8 „	27 „
„ 14. „	„ 1·9 „	81 „	„ 2·4 „	70 „
„ 15. „	„ 0·5 „	4 „		
„ 16. „	„ 1·0 „	15 „		

Auf der Sternwarte zu Berkeley bei San Francisco zählte Curtis:[2])

12. Nov.	14^h	bis $17{\cdot}5^h$	Pac. Zeit	64 Leoniden	11	andere Meteore
13. „	13·7	„ 17·0	„ „	37 „	8	„ „
14. „	13·7	„ 15·2	„ „	26 „	8	„ „

In Urbana, Ill. beobachtete G. W. Myers nebst zwei Gehilfen [3]) am 11. und 14 Nov.; die Zahl der Leoniden (L) und sporadischen Meteore (sp.) war von Stunde zu Stunde wie folgt ermittelt worden (Zeit 6 Stunden gegen Greenwich nach):

	11. Nov.		14. Nov.	
$11{\cdot}3^h$—$12{\cdot}3^h$	—		13 L	8 sp
12·3 —13.3	3 L	5 sp.	8 „	3 „
13·3 —14·3	6 „	3 „	—	—
14·3 —15·3	6 „	8 „	—	—
15·3 —16·3	10 „	7 „	26 „	6 „
16·3 —17·3	13 „	11 „	70 „	16 „
17·3 —17·9	2 „	5 „	23 „	4 „

Auf der Yale-Sternwarte zu Newhaven, Conn.[4]) zählten drei Beobachter am 12 Nov. von 16^h an 15 Leoniden und 2 sporadische Sternschnuppen. Der 13. war bewölkt, der 14 völlig

1) Astronomical Journal Bd. XIX p. 152.
2) Publ. Astr. Soc. Pacific X p. 242.
3) Astrophysical Journal Bd. IX p. 23.
4) Ebenda Bd. IX p. 20.

klar. Von $11^h 15^m$ bis $17^h 25^m$ sahen drei Beobachter 118 Leoniden und 36 andere Meteore, während sie am 15. Nov. von $11^h 15^m$ bis $17^h 15^m$ nur noch 30 Leoniden neben 42 sonstigen Sternschnuppen wahrnahmen. In diesen beiden Nächten wurden auch ununterbrochen photographische Aufnahmen auf der Sternwarte sowie auf einer 3 km nördlich davon errichteten Station gemacht. Auf der Sternwarte ist eine durch ein Uhrwerk drehbare Axe der Erdaxe parallel aufgestellt; daran sind sechs größere Porträtobjektive von 6 bis 8 Zoll Oeffnung und noch einige kleinere photographische Apparate befestigt. Ein ähnliches, nur einfacher gebautes Instrument mit vier 5 zöll. Cameras stand auf der Station. Auf den Aufnahmen der Sternwarte haben 9, auf denen der Hilfsstation 7 Leoniden eine Bahnspur hinterlassen. Außerdem fand Chase auf den Platten, wie oben berichtet, einen Kometen, der zufällig jene Himmelsgegend passirte, auf welche einige der Apparate gerichtet waren.

Die umfangreichste Wacht wurde auf der Harvardsternwarte am 14. Nov. gehalten [1]; 30 Personen zählten 800 verschiedene Sternschnuppen. Das Maximum fiel auf 15^h (20^h Greenwich) mit 61 Meteoren in 30 Minuten. Zu Providence wurde der Himmel ständig von mindestens 10 Personen überwacht; dieselben notirten 400 Sternschnuppen. In Cambridge wurden außerdem über 100 Aufnahmen an verschiedenen Instrumenten gemacht. Auf 31 Platten haben sich 8 Meteore aufgezeichnet, von denen 4 auch auf der zweiten Station photographirt sind, so daß man ihre Entfernungen und ihre Bahnen genau wird ermitteln können.

Es sei hier erwähnt, daß J. Roberts am 31. Dec. 1897, 27. Febr. und 21. März 1898 unter recht günstigen Verhältnissen die Gegend photographirt hat, in der sich der Hauptschwarm der Leoniden aufhalten mußte. Die Aufnahmen am 20 zöll. Reflector zeigen Sterne 17. Gr., die am 5 zöll. Cooke-Objectiv solche 15. Gr., jedoch vom gesuchten Sternschnuppenschwarme keine Spur. Dieser reflectirt offenbar viel zu wenig Licht, als daß er als Ganzes, etwa als ein schwacher Nebelfleck, aus der Ferne gesehen werden könnte.

Auch die Bielasternschnuppen sind 1898 sehr spärlich gewesen; weder am 23. noch am 27. Nov., den Falltagen von 1892 und 1872—1885 wurden solche bemerkt. Freilich war

---

1) Harvard Observatory Circular Nr. 35.

gerade Vollmondzeit. Dagegen hat am 17. Nov. Myers in Urbana zwischen 10^h und 11^h zehn aus dem Bielaradianten in Andromeda kommende Sternschnuppen gesehen; hätte kein Mondschein gestört, so hätte man mindestens doppelt so viele wahrgenommen. Auch im Jahre 1892 war am 17. Nov. eine größere Anzahl Andromedameteore gesehen worden; an diesem Tage scheint also ein Nebenschwarm der Bieliden die Erdbahn zu kreuzen.

Die Fixsterne.

Nur über wenige Doppelsterne sind im letzten Jahre Berechnungen veröffentlicht worden. Die Bahnen der meisten schon von Wilhelm und Otto Struve (Σ und $O\Sigma$) entdeckten Sternpaare mit rascher Bahnbewegung konnten schon früher bestimmt werden, während die Burnham'schen (β) Paare größtentheils erst zu kurze Zeit beobachtet sind, so daß das Material für eine sichere Bahnberechnung noch nicht ausreicht.

W. Doberck hat die Bahn des schönen Doppelsterns Castor neu untersucht;[1]) der Begleiter hat seit 1720 etwas über ein Drittel seines Weges mit abnehmender Geschwindigkeit zurückgelegt, während die scheinbare Distanz vom Hauptsterne allmählich zugenommen hat. Thiele hatte vor 25 Jahren die Umlaufszeit (U) zu 997 Jahren berechnet; Doberck findet jetzt U = 318·2 Jahre, die Excentricität e = 0·591 und die halbe große Axe der Bahn a = 6·60″. Für $O\Sigma$ 228 ergab eine Rechnung von Doberck[2]) U = 123·1 Jahre, e = 0·309 und a = 0·90″. Die Bahn von γ Lupi besitzt nach See[3]) die Elemente U = 83·0 Jahre, e = 0·70 a = 1·10″. Ein Seitenstück zu dem durch seine große Eigenbewegung ausgezeichneten Sternpaare 61 Cygni ist ζ Bootis. Auch hier ist die Bewegung des Begleiters in Bezug auf den Haupstern sehr langsam und geradlinig. An der physischen Zusammengehörigkeit beider Sterne ist aber nicht zu zweifeln. Die Distanz ist jetzt so gering, daß in kleineren Fernrohren (z. B. im Berliner Neunzöller bei 660 facher Vergrößerung) ζ Bootis kreisrund erscheint.

Die Bahn des Procyonbegleiters hat T. J. J. See aus den Messungen, welche O. Struve von 1851 bis 1890 von

1) Astron. Nachrichten Bd. 147, S. 337.
2) Ebendas. S. 343.
3) Monthly Notices Bd. LVIII p. 450.

der Stellung des Procyon selbst angestellt hatte, im Anschluß an Schäberle's Beobachtungen des Begleiters berechnet.[1]) Er bekam U = 40 Jahre e = 0·45 und a = 5·84″. In den Jahren 1888 und 1890 war die Distanz geringer als 3″; daraus erklärt sich der Mißerfolg der damaligen Bemühungen Burnham's, den Begleiter aufzufinden. Daß Struve 1873 und die Astronomen in Washington 1876 den Stern vergeblich gesucht haben, ist wohl in der geringeren Leistungsfähigkeit ihrer Fernrohre begründet; denn damals stand der Begleiter nahezu 7″ von Procyon ab.

Ist die Bahn eines Doppelsternes genau bestimmt und kennt man die Entfernung desselben von unserem Sonnensystem, so lassen sich die wahren Dimensionen dieser Bahn sowie die Geschwindigkeiten der Componenten (in Kilometern) angeben. In den meisten Fällen wird ein leicht zu berechnender Theil dieser Geschwindigkeiten in der Sehrichtung liegen; derselbe wird Verschiebungen der Spectrallinien hervorrufen. Umgekehrt würde man aus beobachteten Linienverschiebungen die Geschwindigkeiten der Componenten längs der Gesichtslinie und weiterhin die Größe der Bahn und die Entfernung des Sternpaares von uns bestimmen können. Belopolsky hat diese Aufgabe für die Doppelsterne γ Virginis und γ Leonis zu lösen versucht.[2]) Die Aufnahmen des ersteren Paares sind wegen dessen südlicher Stellung weniger gut gelungen; die Eisenlinien der beiden Spectra, die dem Siriusspectrum gleichen, sind matt und verwaschen und deshalb nicht ganz sicher zu vermessen. Die Messungen der Linienverschiebungen sind von Belopolsky und von Morin ausgeführt. Sie ergeben im Mittel folgende Geschwindigkeiten pro Secunde:

γ Virginis, nördl. Componente — 21·71 km
„ südl. „ — 19·65 „

Die relative Geschwindigkeit der beiden Componenten wäre hiernach 2·06 km. Mit den Elementen von Doberck (U = 180 Jahre, e = 0·89, a = 4·0″, Ω = 45·9°, i = 35°, ω = 94°, T = 1836·5) berechnet sich hieraus:

der wahre mittlere Abstand a = 79·4 Erdbahnradien
die Parallaxe des Sternpaares π = 0·051″
die Summe der Massen $m + m_1$ = 15 Sonnenmassen.

1) Astronomical Journal Bd. XIX p. 57.
2) Astron. Nachrichten Bd. 147 S. 89.

Doch sind diese Zahlen nur als ungefähre Andeutung der richtigen Werthe zu betrachten; man kann sagen, daß

a zwischen 70 und 105 Erdbahnradien
π „ 0·035″ und 0·055″
$m + m_1$ „ 15 und 35 Sonnenmassen

liegen dürften. Die Geschwindigkeit des ganzen Systems längs der Gesichtslinie beläuft sich auf —20·7 km.

Die Componenten von γ Leonis sind 2. (γ') und 3·5. (γ'') Gr.; ihr Abstand beträgt 3·2″. Die Geschwindigkeit von γ' war in Potsdam zu —40·4 km bestimmt worden; Belopolsky findet dafür —38·5 km. Für γ'' liefern die Pulkowaer Aufnahmen eine Geschwindigkeit von —37·3 km. Nimmt man das Mittel der Potsdamer und Pulkowaer Bestimmungen für den Hauptstern, so beträgt die relative Geschwindigkeit des Begleiters +2·2 km. Da diese Zahl vielleicht um die Hälfte irrig sein kann, so ist das Schlußergebniß für γ Leonis ebenfalls innerhalb weiter Grenzen zweifelhaft. Es ist:

a = 102 (80 bis 130) Erdbahnradien
$m + m_1$ = 6·5 (3 bis 15) Sonnenmassen
π = 0·020″ (0·015″ bis 0·025″).

Wenn nun auch diese Untersuchungen kein sicheres Zahlenergebniß geliefert haben, so werden sie doch stets als die ersten derartigen Arbeiten von Interesse sein. Vielleicht werden bald von Sternpaaren, die sich zu diesem Zwecke besser eignen, genaue Resultate bekannt werden. Diese Erwartung darf man zuversichtlich hegen angesichts der bedeutenden Fortschritte, welche die Sternspectroskopie gegenwärtig macht und die ermöglicht werden durch die Lichtstärke der neuen großen Fernrohre sowie durch die vorzügliche Construction der zur Anwendung gelangenden Spectralapparate. So hat die Licksternwarte einen vorzüglich gebauten Spectrographen der Freigebigkeit von D. O. Mills zu verdanken.[1]) Der große Refractor hat eine Oeffnung von 914·4 mm und eine Brennweite von 17·68 m für die Spectralregion um Hγ. Das Objectiv des Collimators des Spectrographen hat 44·5 mm Oeffnung, die aber auf 38 mm abgeblendet

1) Astrophysical Journal Bd. VIII p. 123.

ist, und 722·4 mm Brennweite; beim dreilinsigen photographischen Apparate ist die Brennweite 405·5 mm. Der Spectrograph enthält einen Satz von drei schweren Flintglasprismen. Das erste derselben reflectirt ein Spectrum, das in einem Leitfernrohre beobachtet werden kann und dazu dient, das zu untersuchende Object immer genau auf dem Spectroskopspalte festzuhalten. Bei einer Spaltbreite von 0·0084 mm waren zwei Linien, deren Wellenlängen nur um 0·0127 $\mu\mu$ sich unterscheiden, leicht getrennt zu sehen, bei 0·02 mm Breite waren Linien getrennt von 0·021 $\mu\mu$ Differenz. Der Collimatortheil des Spectrographen wiegt 48 1/2, die Prismentafel und das Leitfernrohr 19 1/2 und die Camera 7 Pfund. Sehr bedeutend ist der Lichtverlust, der sich aber beim Sternspectroskop nicht vermeiden läßt. Schon das Fernrohrobjektiv verschluckt einen erheblichen Theil besonders der chemisch wirksamen Strahlen. Der schmale Spalt läßt natürlich auch nur einen geringen Theil des vom Objectiv kommenden Lichtes durch. Die Prismen reflectiren und absorbiren nun noch 75 Proc. des durch dem Spalt gegangenen Lichtes und von dem Rest geht noch ein Theil im photographischen Objectiv verloren. So wirkt schließlich nur noch ein Minimum von Licht auf die photographische Platte ein; doch wird der große Verlust einigermaaßen ausgeglichen durch Verlängerung der Belichtung, die freilich nur dann von Nutzen ist, wenn der ganze Apparat sehr fest gebaut ist. Daß der Mills-Spectrograph allen Ansprüchen gerecht wird, die an ein so complicirtes Instrument zu stellen sind, geht aus den zahlreichen Entdeckungen hervor, die damit von Campbell gemacht worden sind. Bis zum Juli 1898 waren mehrere hundert Spectralaufnahmen von Sternen gelungen und davon etwa 150 ausgemessen und reducirt. Die einzelnen für die Sternbewegung längs der Gesichtslinie (v) erhaltenen Geschwindigkeitswerthe sind höchstens um 1 km unsicher, so daß die Mittel aus mehreren Bestimmungen auf wenige hundert Meter zuverlässig sein müssen. Man ersieht diese Genauigkeit aus folgenden Beispielen:

α Cassiop. 1896	v	Polarstern 1896	v	Procyon 1897	v
12. Nov.	— 4·1 km	8. Sept.	— 20·1 km	20. Jan.	— 5·0 km
8. Dec.	— 4·1 „	15. „	— 19·1 „	21. „	— 4·3 „
17. „	— 4·9 „	23. „	— 18·9 „	21. Feb.	— 4·8 „
24. „	— 4·2 „	5. Oct.	— 19·0 „	22. „	— 5·0 „
		11. Nov.	— 20·1 „		
		8. Dec.	— 20·3 „		

Wir stellen die Mittelwerthe zusammen unter Hinzufügung der auf anderen Sternwarten erlangten Resultate (C = Campbell, V = Vogel, S = Scheiner, L = Lord, N = Newall):

Stern	Gr.	C	V	S	L	N
α Cassiop.	2·2.—2·8.	— 4·3	—14·9	—15·6	— 0·6	
β Androm.	2·3.	+ 0·3	+ 9·0	+13·3		
Polarstern	2·0.	—19·6	—25·5	—26·2		
γ Androm.	2·4.	—11·2	— 8·0	—17·8		
α Arietis	2·0.	—14·1	—14·5	—14·9	—14·0	
α Persei	2·0.	— 2·4	—10·8	— 9·8		
Aldebaran	1.	+54·8	+47·6	+49·4		+49·2
Procyon	1.	— 4·8	— 7·9	—10·5		— 4·9
α Urs. maj.	2·0.	— 9·8	—10·3	—12·7		
γ Draconis	2.3.	—27·4	—	—		
ε Pegasi	2·3.	+ 5·7	+ 7·3	+ 8·6		+ 9·9

Aus directen Beobachtungen am Lickrefractor hatte Keeler 1890—91 die Geschwindigkeit des Aldebaran zu +55·2 km bestimmt, also nur 400 m von Campbell's Angabe verschieden.

Fünf Aufnahmen von η Cephei lieferten für die Geschwindigkeit dieses Sterns den sehr großen Betrag von —86·8 km (zwischen 86·2 und 87·6), während für ζ Herculis —70·3 km (69·1 bis 71·1) gefunden wurde; Belopolsky hatte die Geschwindigkeit dieses letzteren Sterns zu —70 km (—64 bis —84) bestimmt. Eine ebenfalls recht beträchtliche Bewegung längs der Gesichtslinie besitzt nach früheren Beobachtungen von Keeler der Nebelfleck G.C. 4373, nämlich —64·7 km. Nimmt man die Bewegung unserer Sonne zu 17 km in der Secunde an, in der Richtung auf AR = 267°, D = +31°, so reduciren sich diese drei großen Geschwindigkeiten auf:

η Ceph. —74·1 km, ζ Herc. —53·9 km, G.C 4373 —50·9 km.

Im Allgemeinen bestätigen Campbell's Aufnahmen die in Potsdam ermittelten Sternbewegungen. Eine auffällige Ausnahme bildet, abgesehen von β Andromedae, bei dem die Potsdamer Messungen durch die Breite der Linien beeinflußt waren, der Stern α Cassiopeiae. In Potsdam war sein Spectrum am 20. und 21. Febr. 1890 photographirt worden; es ergab sich v = —15·9 und —14·6 km mit anscheinend großer Sicherheit. Die Aufnahmen von Lord sind am 14. und 24. Sept. 1897 gemacht. Wir haben also die Geschwindigkeiten:

1890·14	v =	—15·2 km
1896·94	v =	—4·3 „
1897·72	v =	—0·6 „

Die Vermuthung, daß eine wirkliche Veränderung der Bewegung von *α* Cassiop. vorliegt, hat durch Campbell's Messungen an Wahrscheinlichkeit viel gewonnen; neue Messungen werden bald die Entscheidung bringen.

Veränderlichkeit der Bewegung längs der Gesichtslinie scheint den Campbell'schen Aufnahmen zufolge nichts seltenes zu sein. So fanden sich zwischen drei Bestimmungen der Geschwindigkeit von *η* Pegasi[1]) Differenzen bis zu 9 km, während sonst Unterschiede von 4 km kaum noch vorkommen. Campbell machte nun noch weitere Aufnahmen, durch welche die Veränderung der Bewegung zweifelsfrei festgestellt wurde. Mit diesem Ergebnisse stimmen auch die Untersuchungen Belopolsky's[2]) über diesen Stern; die beobachteten Geschwindigkeiten sind:

1896·69	v =	+6·1	Campbell
1897·52	v =	—6·4	„
·67	v =	—4·8	Belopolsky
·74	v =	—2·2	Campbell
1898·67	v =	+16·2	„
·68	v =	+16·9	Belopolsky
·81	v =	+11·1	Campbell
·91	v =	+6·1	„
1899·06	v =	—1·6	„

Die Periode scheint 2¼ Jahre zu betragen; in dieser Zeit macht *η* Pegasi einen Umlauf um einen zweiten Stern, der aber zu lichtschwach ist, um einen Eindruck auf die Platte im Spectrographen zu machen.

Ein ähnliches System ist *o* Leonis,[3]) nur daß hier das Spectrum aus zwei sich deckenden Spectren zu bestehen scheint; die beiden Sterne sind daher an Helligkeit nur um wenige Größenklassen verschieden, stehen sich aber offenbar sehr nahe, so daß an eine Trennung selbst in einem Riesenfernrohre nicht zu denken ist. Hierbei folgen einige Messungen:

1) Astrophysical Journal Bd. VIII p. 159.
2) Astron. Nachrichten Bd. 148 S. 127.
3) Astrophys. Journal Bd. VIII p. 291.

22. März 1898	v =	+66·7 km
31. Oct. „		—30 „
1. Nov. „		—23 „
4. „ „		+40·0 „

Weitere Aufnahmen lieferten eine Periode von 14½ Tagen und eine Schwankung der Geschwindigkeit um 112 km.

Ferner erwies sich die Bewegung von χ Draconis als veränderlich um einen Betrag von 40 km.[1]) Sie betrug am 5. Sept. 1898 +46·0 km, nahm im October sehr rasch ab, bis sie Mitte Nov. ein Minimum mit +10·6 km erreichte; am 7. Dec. war sie schon wieder auf +18·3 km gestiegen.

An dem Sterne ϑ Ursae majoris entdeckte Belopolsky die Veränderung der Bewegung.[2]) Zwei Aufnahmen von 1894 gaben v = +21·8 und 0·9 km; sodann ist das Spectrum noch viermal im Jahre 1896 photographirt worden mit folgendem Ergebniß:

24. Febr. 1896	v =	+11·6 km
25. „ „		+ 1·9 „
26. „ „		+ 7·4 „
1. April „		+19·4 „

H. C. Lord hat die an den Sternen ι Aurigae und ε Geminorum gemachten Beobachtungen von Linienverschiebungen benutzt, um daraus die Sonnenparallaxe zu bestimmen.[3]) Auf jeden Stern bewegt sich die Erde sechs Monate lang zu und die sechs folgenden Monate hindurch entfernt sie sich von ihm — ausgenommen sind die Sterne an den Polen der Ekliptik. Die relative Geschwindigkeit hängt von der jeweiligen Stellung und der Bahngeschwindigkeit der Erde ab, die mit dem Halbmesser der Bahn, also mit der Entfernung der Erde von der Sonne wächst oder abnimmt. Lord erhält $\pi = 9·2''$ bezw. $10·1''$ statt $8·8''$. Der Unterschied ist nicht zu groß, da die Beobachtungen nur drei bis vier Monate umfassen, während die größte Geschwindigkeit der Annäherung der Erde an einen Stern erst sechs Monate nach der größten entgegengesetzten Bewegung eintritt. Bei einem Stern in

1) Astrophys. Journal Bd. VIII p. 292.
2) Astron. Nachrichten Bd. 148 S. 331.
3) Astrophysical Journal Bd. VIII p. 65.

der Ekliptik müssen die beobachteten Geschwindigkeiten im Maximum um 60 km differiren. Da bei hellen Sternen des II. Spectraltypus die Geschwindigkeit aus wiederholten Aufnahmen und Messungen sich bis auf wenige hundert Meter sicher bestimmen läßt, so wird man nach dem hier beschriebenen Verfahren die Sonnenparallaxe auf 0·1″ und noch genauer ermitteln können.

Als Doppelstern erwies sich bei spectroskopischer Untersuchung auch der Veränderliche λ Tauri.[1]) Dieses Resultat war vorher zu sehen, da der Stern zum Algoltypus gehört und die Lichtverminderung die Folge einer Verdeckung durch einen dunkleren Begleiter ist. Belopolsky machte Ende 1897 am 30 zöll. Pulkowaer Refractor fünf Spectralaufnahmen von 40 bis 60 Min. Belichtung. Die Spectrallinien erschienen zum Theil doppelt, ein Zeichen, daß der Begleiter noch einiges Licht aussendet; die ihm angehörenden Linien verschieben sich viel stärker als die des Hauptsterns, wie folgende, von Belopolsky daraus abgeleiteten Geschwindigkeiten längs der Gesichtslinie zeigen:

	Hauptstern	Begleiter	Phase
6. Nov.	v = —9·1 km		50 h
12. „	v = —8·2 „	v = —78 km	4 h
22. „	v = —4·3 „	v = +87 „	53 h

Außerdem ergab die Lage der Mitte beider Linien am 1. Nov. v = —31 km (Ph. = 25 h) und am 9. Dec. v = +73 km (Ph. = 81 h). Die Phase bedeutet die seit dem letztvorangehenden Minimum verflossene Stundenzahl; die Lichtwechselperiode umfaßt 95·5 Stunden. Vielleicht gehören dem System noch andere nahestehende Körper an.

Dagegen scheint sich Deslandres' Ansicht, daß der Stern α Aquilae mehrfach sei (Jahrb. XXXII, 67), nicht zu bestätigen.[2]) In Potsdam sind 1896 und 1897 zahlreiche Aufnahmen gemacht worden, welche keine Linien- und Geschwindigkeitsschwankungen verrathen. Das Spectrum gehört zur Vogel'schen Klasse Ia 3, enthält jedoch merkwürdiger Weise einige matte Bänder, die auf einigen Aufnahmen aussehen, als ob sie sich in Einzellinien auflösen ließen. Daß das Spectrum der

1) Astron. Nachrichten Bd. 145 S. 281.
2) Sitzungsber. Akad. Berlin, 1898, S. 721.

I. Klasse von einem der II. überlagert werde, ist deshalb nicht anzunehmen, weil die für den II. Typus charakteristische Gruppe G des Sonnenspectrums auf den Photographien kaum angedeutet ist. H. C. Vogel erklärt das Spectrum von Atair ungezwungen auf folgende Weise. Der Stern rotirt ziemlich rasch um eine Axe, die einen großen Winkel mit der Gesichtslinie bildet. Die Folge ist, daß alle Linien verbreitert werden und daß einander sehr nahe stehende Linien zusammenfließen. Eine Rotationsgeschwindigkeit von 27 km am Aequator würde schon diese Wirkung hervorbringen; bei unserer Sonne beträgt diese Geschwindigkeit etwa 2·2 km.

Behufs genauerer Erforschung der Spectra vom IV. Typus machten G. E. Hale und F. Ellerman am 40 zöll. Yerkesrefractor Aufnahmen von 22 Sternen dieser Klasse.[1]) Nur bei zwei Sternen 5·5 Gr., Nr. 132 und 152 in Schjellerup's Verzeichniß rother Sterne, war die Anwendung dreier Prismen möglich; die übrigen sind nur mit einem Prisma untersucht. Entgegen einer älteren Behauptung Dunér's fand Hale bei Schj. 152 und anderen Sternen eine Anzahl heller Linien, deren wahrer Charakter daraus zu erkennen ist, daß sie in den mit drei Prismen gewonnenen Spectren, die am stärksten zerstreut sind, am deutlichsten erscheinen. Helle Zwischenräume zwischen dunklen Linien müßten umgekehrt bei geringer Zerstreuung am auffälligsten sein. Auch heben sich die von Hale gesehenen hellen Linien stark vom umgebenden continuirlichen Hintergrund ab. Auf Wunsch von Hale untersuchten Keeler und Campbell am Lickfernrohr das Spectrum von Schj. 152 und gelangten zu dem fast zweifellosen Ergebniß, daß die hellen Linien in der That existiren. Die Wellenlängen von hundert hellen und dunklen Linien zwischen D und b wurden durch Messungen an verschiedenen Aufnahmen von Schj. 152 bestimmt. Die zwei kräftigsten hellen Linien 559·28 und 569·34 fallen nahe mit zwei von Campbell in den Wolf-Rayet-Sternen (V. Typus) beobachteten hellen Linien zusammen. Auch andere Coincidenzen sind nicht ausgeschlossen, so daß vielleicht eine engere Beziehung zwischen beiden Spectralklassen besteht. J. A. Parkhurst stellte noch fest, daß die Sterne vom IV. Typus eine stärkere Anhäufung in der Milch-

1) Astrophysical Journal VIII p. 237.

straßengegend verrathen als irgend eine andere Klasse, ausgenommen den V. Typus. Dagegen zeigt eine Vergleichung mit dem III. Typus keine auffallende Uebereinstimmung der Spectraleigenschaften, wenn auch gewisse Aehnlichkeiten nicht zu verkennen sind.

Nachdem im Jahre 1893 zu Upsala der Steinheil'sche photographische Refractor aufgestellt worden war, konnte auch N. C. Dunér ohne Mühe in den Spectren des IV. Typus helle Linien erkennen[1]), deren Vorhandensein er früher bestritten hatte, da er an dem kleineren Fernrohre in Lund keine Spur derselben hatte wahrnehmen können. Auch constatirte er Verschiedenheiten in den Spectren einzelner Sterne dieser Klasse, hält es aber nicht für thunlich, darauf eine weitere Eintheilung des IV. Typus zu gründen.

T. E. Espin hat eine Zusammenstellung der bis jetzt aufgefundenen 237 Sterne vom IV. Typus geliefert[2]), welche für jeden Stern den Ort und die Größe sowie den Namen des Entdeckers enthält. Nach der Helligkeit vertheilen sich diese Sterne folgendermaaßen:

Größe	nördl.	südl.	zusammen
heller als 6	3 Sterne	4 Sterne	7 Sterne
6·1. bis 7·0.	12 "	11 "	23 "
7·1. " 8·0.	19 "	20 "	39 "
8·1. " 9·0.	51 "	25 "	76 "
unter 9·0.	69 "	11 "	80 "
unbestimmt	1 "	11 "	12 "

Von diesen Sternen sind 22 nördliche und 6 südliche sicher veränderlich; bei anderen vermuthet man Lichtschwankungen.

Sterne vom V. Typus waren bis August vorigen Jahres 92 bekannt, 70 in der Milchstraße, 21 in der großen und 1 in der kleinen Capwolke; 1891 betrug ihre Zahl erst 33. Wolf und Rayet hatten davon 3 entdeckt, Copeland 6, Respighi 1, Pickering 3; die übrigen lieferte die Durchforschung der Spectralaufnahmen, die von der Harvardsternwarte in Cambridge (Nordamerika) und Arequiba (Peru) gemacht werden.

---

1) Astrophysical Journal Bd. IX p. 119.
2) Monthly Notices Bd. LVIII p. 443.

Neue Veränderliche sind seit Jahresfrist wieder in größerer Anzahl entdeckt worden, von Anderson 4, Ceraski 1, Deichmüller 1, Espin 3, sowie einige auf den Harvard-Photographien. E. F. Sawyer fand nach wiederholten Beobachtungen im October 1898, daß der Stern BD. $+12^0$ 3557 im Ophiuchus ein Veränderlicher vom Algoltypus ist, dessen Periode $21^h\ 21^m$ beträgt; das Licht geht von 7·0 Gr. im Maximum auf 7·5 Gr. im Minimum herab. Er steht in AR = $18^h\ 25{\cdot}9^m$ D = $+12^0\ 34'$ (1900·0).[1])

Eine sehr lange Periode scheint der Stern BD. $+30^0$ 591 (AR = $3^h\ 49{\cdot}1^m$, D. = $+30^0\ 46'$ für 1900·0) zu besitzen, wie Müller und Kempf aus langjährigen Beobachtungen schließen.[2]) Von 1888 bis 1891 war er constant 6·3 Gr., von Anfang 1894 bis Ende 1897 nahm er von 6·4. bis 6·9. Gr. langsam und regelmäßig ab. Aeltere Angaben über diesen Stern lassen nur geringe Größendifferenzen erkennen.

Dieselben Astronomen entdeckten gelegentlich der von ihnen durchgeführten „Photometrischen Durchmusterung" noch zwei kurzperiodische Veränderliche.[3]) Der eine U Vulpeculae ($19^h\ 32{\cdot}2^m$, $+20^0\ 7'$ für 1900·0) ändert sich von 6·9. bis 7·6. in 8·00 Tagen. Zu- und Abnahme dauern gleich lang, die Lichtcurve ist ganz regelmäßig. Der zweite Stern, SU Cygni ($19^h\ 40{\cdot}8^m$, $+29^0\ 1'$, 1900·0) schwankt in 3·844 Tagen zwischen 6·6. und 7·4 Größe; die Zunahme dauert nur 22 Stunden. Die Lichtcurve hat Aehnlichkeit mit der von δ Cephei.

Auf der Harvardsternwarte ist zur Aufnahme kurzperiodischer Veränderlicher ein photopraphisches Fernrohr von 26 mm Oeffnung und 33 cm Brennweite in Gebrauch genommen worden.[4]) Dasselbe wird stündlich 10 Min. lang exponirt und 50 Min. lang geschlossen; vor jeder neuen Belichtung wird es ein wenig verschoben, so daß jeder Stern eine Reihe von Bildern gibt und etwaige Veränderlichkeit leicht zu erkennen ist. So wurde am 21. April 1898 von U Cephei folgende Reihe von Helligkeitsgrößen erhalten: 7·5., 8·1., 8·9., 9·1, 9·1., 8·3., 7·6. und 7·2.

1) Astronomical Journal Bd. XIX p. 144.
2) Astron. Nachrichten Bd. 146 S. 169.
3) Ebendas. Bd. 146 S. 37.
4) Harvard Observ. Circular Nr. 29.

Größe. Auf diese Art wurden auch obige zwei Sterne, U Vulpec. und SU Cygni, näher untersucht.

In Sterngruppen waren bis Mitte 1898 509 Veränderliche entdeckt worden [1]), und zwar 462 in elf stark verdichteten Gruppen mit 11980 Sternen und 46 in acht mäßig dichten Gruppen mit 4741 Sternen. Endlich findet sich beim Sternhaufen im Perseus auf drei Quadratgraden nur 1 Veränderlicher unter 1050 Sternen. Am genauesten sind bis jetzt die Veränderlichen des Sternhaufens ω Centauri untersucht. Von 106 unter 125 Variabeln konnten die Lichtcurven bestimmt werden; 98 haben Perioden von weniger als 24 Stunden (die kürzeste beträgt nur 6·2 Stunden), 5 von 1 bis 4 Tagen, 1 von 15, 1 von 150 und die längste von 475 Tagen. Die Lichtcurven sind mannigfaltig gestaltet, es gibt solche, bei denen die Zunahme nur $^1/_{10}$, und andere, bei denen sie über die Hälfte der Periode dauert oder bei denen Zu- und Abnahme gleichlang sind. Einige Sterne haben doppelte Minima wie δ Cephei oder η Aquilae. Die stärkste Lichtschwankung erreicht fünf Größenklassen.

Die Veränderlichen im Sternhaufen Messier 5 sind von Barnard am 40zöll. Yerkesrefractor beobachtet worden; in mehreren Fällen wurden die Perioden und Lichtcurven bestimmt, die manche interessante Einzelheiten darbieten.

Einen sehr werthvollen Atlas veränderlicher Sterne gibt P. J. G. Hagen heraus mit Unterstützung seitens Miß C. W. Bruce in New York.[2]) Der Atlas zerfällt in fünf, einzeln käufliche Serien von Karten, drei für die Sterne, die im Minimum unter 10. Gr. herabsinken, eine für die in einem 3-Zöller stets sichtbar bleibenden und eine für die mit freiem Auge sichtbaren Veränderlichen. Die Karten enthalten Sterne bis zur 13. Gr. in der nächsten Umgebung jedes Veränderlichen, der in der Mitte der Karte steht.

Neue Sterne. — W. J. Hussey hat die Beobachtungen der Nova Z Centauri (Jahrb. XXXIII, 96) am 36zöll. Lickrefractor noch im Jahre 1898 fortgesetzt.[3]) Der Stern war im Febr. und April 1898 als 16. Gr. sichtbar, nachdem er 1897

1) Harvard Observ. Circular Nr. 33.
2) Berlin bei F. L. Dames.
3) Astronomical Journal Bd. XIX p. 31.

wiederholt nicht gesehen werden konnte, also unter 16·5 Gr. gewesen sein muß. Der Nebel, in dem er steht, hat einige Aehnlichkeit mit dem in ganz kleinen Fernrohren gesehenen Andromedanebel, nur besitzt er eine stärkere centrale Verdichtung und ist an den Enden ungleich hell.

Im Sagittarius leuchtete Ende 1897 oder Anfang 1898 wieder ein neuer Stern an einer Stelle auf, wo eine große Anzahl photographischer Aufnahmen von 1888 bis 23. October 1897 nichts enthalten, obwohl theilweise Sterne 15. Größe auf den Platten abgebildet sind.[1]) Die Nova erscheint auf acht Aufnahmen vom März und April 1898; sie war am 8. März 4·7. Gr., am 14. März 5·0. Gr. im April 8·2 bis 8·6. Gr. Im Spectrum waren die Wasserstofflinien und mehrere andere hell, eine am 19. April vorhandene dunkle Linie 406·0 $\mu\mu$ war am 21. April verschwunden, während eine schmale helle Linie mit der Wellenlänge 500·5 $\mu\mu$ erschienen war, „zweifellos identisch mit der Hauptnebellinie."

Directe Beobachtungen wurden im März 1899 von Wendell angestellt. Die Nova war 11. Gr. und besaß ein monochromatisches Spectrum. „Sie hat sich also wie mehrere frühere neue Sterne in einen Gasnebel verwandelt."

Eine Anzahl Spectrographien des veränderlichen Sternes Mira Ceti, die Campbell am Lickrefractor erhalten hat, lassen eigenthümliche Erscheinungen an den Wasserstofflinien erkennen.[2]) Campbell wollte zunächst nur die Geschwindigkeit längs der Gesichtslinie studiren. Er fand dieselbe unveränderlich gleich +62·3 km, wenn er seine Messungen auf die dunklen Spectrallinien allein gründete. Wollte man jedoch die Unterschiede, welche sich in der Lage der hellen Wasserstofflinien Hγ und Hδ gegen die normale Position im Vergleichspectrum zeigten, ebenfalls nach dem Doppler'schen Princip erklären, so würden kleinere und außerdem veränderliche Bewegungen des Sternes sich ergeben. Die sehr kräftige Linie Hγ besitzt ungleiche Ränder, scharf zu Violett, allmählich verblassend gegen Roth. Bei verlängerter Belichtung wächst die Linie hauptsächlich nach der letzteren Seite, man erhält daher für die Mitte abnehmende Wellenlängen, ent-

1) Harvard Observ. Circular Nr. 42.
2) Astrophysical Journal Bd. IX p. 31.

sprechend kleineren (positiven) Geschwindigkeiten. Aufnahmen von kurzer Dauer vom August und Sept. 1898 ließen erkennen, daß $H\gamma$ und $H\delta$ dreifach waren. Die mittlere Linie von $H\gamma$ war die stärkste, die gegen Violett stehende Nebenlinie war mäßig hell, die Linie auf der anderen Seite war schwach und unscharf begrenzt. $H\delta$ war etwas anders beschaffen, vermuthlich in Folge Anwesenheit einer fremden Linie. Im Nov. hatte sich das Aussehen von $H\gamma$ verändert und die Position sich verschoben. Die Linie schien jetzt einfach zu sein und nur die Spur einer schwachen Nebenlinie war noch auf der Seite gegen Roth vorhanden. Ihre Mitte lag nicht weit von der Stelle, wo im August die Nebenlinie gegen Violett sich befunden hatte. Auch stimmte jetzt $H\delta$ nach Aussehen und Lage mit $H\gamma$ überein. Ganz ähnlich wie bei dem „wunderbaren" Stern verhielten sich die Wasserstofflinien bei den von V. Schumann bei verschiedenen Gasdrucken angestellten Beobachtungen (Jahrb. XXX, 98). Sie wurden unscharf, wenn der Druck zunahm, es traten beiderseitig von $H\beta$ Nebenlinien auf, bei noch stärkerem Drucke verschwand die Nebenlinie gegen Violett, an ihre Stelle rückte $H\beta$, und die gegen Roth stehende Nebenlinie war breiter und schwächer geworden.

Bei Mira Ceti und den zahlreichen Veränderlichen dieses Typus ist der Lichtwechsel demnach nicht von der äußeren Einwirkung eines Begleiters bewirkt, wie neuerdings Wilsing und H. C. Vogel angenommen haben, namentlich zur Erklärung der neuen Sterne (Jahrb. XXX, 97). Es müßte sonst Mira Ceti eine veränderliche Bewegung längs der Gesichtslinie zeigen, was nicht der Fall ist. Dagegen läßt das Auftreten und die eigenthümliche Veränderung der hellen Linien auf das Hervorbrechen glühender Gasmassen schließen, die später auf den Stern wieder zurückfallen und dabei sich comprimiren.

Eine von mehreren Abbildungen und Zahlentabellen begleitete Beschreibung des Miraspectrums hat P. Sidgreaves geliefert[1]) auf Grund von zwanzig Aufnahmen, die er um die Maximumperiode 1897/98 auf farbenempfindlichen Platten erlangt hat. Während der ganzen Zeit, 18. Nov. bis 5. Febr. ist das Spectrum unverändert geblieben; nur ist das anfänglich im Blau gelegene Intensitätsmaximum zwischen 2. und 11. Sept.

1) Monthly Notices Bd. LVIII p. 344.

in die gelbgrüne Spectralregion gewandert. Die Wasserstofflinien Hγ und Hδ sind äußerst hell, Hε ist durch die Calciumlinie H verdeckt, Hβ ist merkwürdig schwach. An die Kanten der streifigen Absorptionsbänder grenzen, wie nach Keeler bei α Herculis, helle Linien, die reell und nicht blos Contrasterscheinungen sind. Ein Band bei 516·2 $\mu\mu$ wird von P. Sidgreaves der Anwesenheit von Kohlenstoff auf Mira zugeschrieben. Sehr stark sind viele metallische, besonders Eisenlinien. Den Uebergang vom Miraspectrum zum II. Typus bilden die Spectra von α Herculis, β Pegasi, η Geminorum, α Orionis, β Andromedae und α Tauri. Ein auffälliger Unterschied besteht in der Wellenlänge der Kante des Bandes im Grün bei mehreren dieser Sterne; sie ist bei Mira 544·7, β Peg. 545·1, α Or. 545·1 und α Herc. 545·8.

Eingehende photometrische Untersuchungen, die Wendell mit dem 15-Zöller der Harvardsternwarte ausgeführt hat, ergaben für den Veränderlichen U Pegasi eine Periode von $8^h\ 59^m\ 41^s$, welche zwei gleiche Maxima 9·30. Gr. und zwei ungleiche Minima 9·75. und 9·90. Gr. umfaßt.[1]) G. W. Myers gründet auf diese Beobachtungen eine theoretische Untersuchung[2]); er stellt die Hypothese auf, daß U Pegasi einen schwächeren Begleiter hat, und daß die Minima durch die gegenseitigen Bedeckungen beider Sterne bewirkt werden. Es ergiebt sich eine so geringe Entfernung der Mittelpunkte, daß die Oberflächen dieser Körper sich berühren müssen und daß dieses Doppelgestirn ungefähr die Form einer 8 hätte, ähnlich der Gleichgewichtsfigur Poincaré's, die auch in der Theorie von Darwin-See über die Entstehung der Doppelsterne eine Rolle spielt (Jahrb. XXIX, 69) und die nach Darwin einst die Gestalt des sich eben trennenden Doppelgestirns Erde—Mond gewesen sein soll.

Sternhaufen und Nebelflecken.

Nebelspectra. — Im Jahrb. XXX S. 89—91 wurden Beobachtungen von Campbell über das Spectrum des Orionnebels erwähnt, wonach in den hellen Theilen des Nebels die Linie 500·7 $\mu\mu$, die erste „Hauptnebellinie", viel heller ist als die nahe Wasserstofflinie F (Hβ), während an den äußeren, schwachen

1) Harvard Observ. Circular Nr. 23.
2) Astrophysical Journal Bd. VIII p. 163.

Regionen das umgekehrte Verhältniß eintritt. Diese von gewisser Seite angezweifelten Wahrnehmungen hat C. Runge aus Hannover bei einem Besuche der Licksternwarte bestätigen können.[1]) In der Nähe des Trapezes im Orionnebel schätzt Runge die Intensitäten von Hβ und der schwächeren und der stärkeren Nebellinie gleich 2:2:5 oder bei engem Spalte wie 2:3:5. Wurde der Spectroskopspalt dagegen nach Nordosten vom Trapez in die Nähe des Sterns Bond 734 gelegt, so war die schwächere Nebellinie überhaupt unsichtbar, während die stärkere nur etwa $^1/_{10}$ der Helligkeit von Hβ besaß. Ferner erschien an einer anderen, mittelhellen Region Hβ deutlich stärker als die schwächere der beiden Nebellinien. Die stärkere Nebellinie wurde hierbei verdeckt, um die Schätzung nicht zu beeinflussen. „Diese Beobachtungen beweisen, daß der Wasserstoff sich weiter verbreitet als der Stoff, der in dem Lichte der beiden Nebellinien leuchtet." Von dem benachbarten planetarischen Nebel BD. —12^0 1172 sah Runge wie früher Campbell bei weitem Spalte drei Bilder in den Farben der zwei Nebellinien und von Hβ. Das letztere Bild war schwächer, aber größer als die beiden anderen, ebenfalls ein Beweis für die weitere Erstreckung des Wasserstoffgases in Nebeln. Auch jene Beobachtung Campbells wird bestätigt, daß der Stern vom V. Typus, BD. +30^0 3639 von einer meßbaren Wasserstoffhülle umgeben ist; die Linie Hβ ragte nämlich, wie auch der Apparat eingestellt wurde, immer quer über das schmale Sternspectrum hinaus. In dem Nebel N. Gen. Cat. 7027 war außer den zwei Nebellinien sowie Hβ und Hγ noch die Linie 469 $\mu\mu$ zu sehen, vermuthlich die von Rydberg angegebene Wasserstofflinie aus der „Hauptserie" der Spectrallinien dieses Grundstoffes (Jahrb. XXXIV, 96).

Die Unterschiede der relativen Intensitäten der verschiedenen Linien im Orionnebel wurden nun von J. Scheiner nicht als reell anerkannt;[2]) sie beruhten nur auf der bekannten physiologischen Erscheinung, daß bei Verminderung der Intensität einer Lichtquelle die dem rothen Ende des Spectrums näheren Strahlengattungen eher aufhören auf das Auge zu wirken, als die Strahlen beim blauen Ende. Von Interesse sind allerdings gewisse Beobachtungen Scheiner's über das Spectrum des Wasser-

1) Astron. Nachrichten Bd. 145 S. 227.
2) Ebendas. S. 309.

stoffes[1]), die unter Anwendung von flüssiger Luft bei Temperaturen von —200° C angestellt sind. „Irgend ein Unterschied in der relativen oder absoluten Helligkeit der Wasserstofflinien konnte bei abgekühlter Geißler'scher Röhre gegenüber den gewöhnlichen Verhältnissen nicht bemerkt werden, auch dann nicht, als zur Vermeidung von Temperaturerhöhung durch das glühende Gas selbst die Erregung des Teslafeldes nur durch einen einzigen Funken erfolgte, wobei das aufblitzende Spectrum beobachtet wurde.“ Dieses Ergebniß stimmt überein mit den neueren Anschauungen, wonach die Strahlung der Gase, welche die Linienspectra erzeugt, durch Bewegungen innerhalb der einzelnen Molecüle erfolgt, also unabhängig von der äußeren Temperatur ist. Ferner kann nun gegen die Ansicht, daß das Leuchten der Nebelflecken bei sehr niedriger Temperatur erfolge, kein triftiger Einwand mehr erhoben werden. Zur Bestimmung der relativen Intensität verglich Scheiner die Linien $H\alpha$ und $H\beta$ in einem Spectralphotometer mit den entsprechenden Stellen im Spectrum einer Petroleumflamme. Es ergab sich für $H\alpha$ die Intensität $= 3$, wenn die Helligkeit von $H\beta = 1$ ist, d. h. gleich der Helligkeit der entsprechenden Spectralgegend der Petroleumflamme. Dieses Verhältniß blieb dasselbe, wenn auch die Lichtstärke bis auf ein Fünfzigstel abgeschwächt wurde. Für das Auge des Beobachters tritt nun bei einem gewissen Grade der Abschwächung scheinbar Gleichheit der Linien ein und bei fortgesetzter Lichtverminderung eine Umkehrung des Verhältnisses. $H\beta$ ist noch bei viel geringerer Helligkeit zu erkennen als $H\alpha$. War letztere Linie eben verschwunden, so mußte das Licht der Wasserstoffröhre noch auf den zehnten bis dreißigsten Theil reducirt werden, um auch $H\beta$ auszulöschen. Bei einem von H. C. Vogel, dessen Auge für Violett sehr empfindlich ist, angestellten Versuche mußte diese Abblendung bis auf $^1/_{150}$ fortgesetzt werden. Daß bei Nebelflecken die Linie $H\alpha$ nicht zu sehen ist, würde bei der geringen Helligkeit dieser Himmelskörper nur als eine physiologische Erscheinung (Purkinje's Phänomen) aufzufassen sein; es braucht keine Modification in der physikalisch-chemischen Beschaffenheit des Wasserstoffs angenommen zu werden.

Aus dem gleichen Grunde, behauptet Scheiner, sei das Verblassen der Nebellinien in den schwachleuchtenden Theilen des

---

1) Astron. Nachrichten Bd. 144 S. 305.

Orionnebels und das Vorwiegen von Hβ daselbst nur eine Augentäuschung. Daß dies sich nicht so verhält, bewies zunächst Runge durch sorgfältige Versuche über das Purkinje'sche Phänomen an den Spectralstellen, welche den beiden Nebellinien und Hβ entsprechen.[1]) Die Wellenlängen sind 500·7, 495·9 und 486·1. Der benutzte Apparat ist von Helmholtz construirt und von A. König verbessert. Nachdem 486·1 und 500·7 bei mittlerer Intensität gleichhell gemacht worden waren, wurde die Helligkeit auf 1/200 abgeblendet; nun schien 486·1 entschieden heller als 500·7. Wurden diese Linien jetzt gleichhell gemacht und wieder die ursprüngliche Intensität hergestellt, so war 500·7 heller als 486·1. Das Intensitätsverhältniß der beiden Linien hatte sich jedesmal von 1 in 1·8 geändert und dies ist der Einfluß des Purkinje'schen Phänomens bei einer Lichtverminderung um 99½ Procent. Beim Orionnebel änderte sich die relative Stärke von Hβ und 500·7 zwischen 2/5 in hellen und 10 : 1 in schwachen Regionen, also im Verhältniß von 1 : 25, was in gar keinem Vergleiche steht zu dem experimentell festgestellten Verhältniß 1 : 1·8, für das A. König bei einer Wiederholung des Runge'schen Versuches sogar nur den Betrag 1 : 1·49 erhielt. Dagegen fand König einen 600 mal größeren Einfluß des Purkinje'schen Phänomens auf die von Scheiner untersuchten, weit von einander entfernten Linien Hα und Hβ (656·3 und 486·1).

Noch viel geringer fand Runge die Schwankung des Intensitätsverhältnisses von 495·9 und 486·1 bei seinen Versuchen. Bei fortgesetzter Lichtabblendung verschwanden beide Spectralstellen gleichzeitig und kamen ebenso gleichzeitig bei der Lichtsteigerung wieder zum Vorschein. Im Orionnebel nimmt dagegen 495·9 von fast völliger Gleichheit mit Hβ bis zum gänzlichen Erlöschen ab, während Hβ immer noch deutlich sichtbar ist.

Die ganze Streitfrage über das Purkinje'sche Phänomen und seine Bedeutung für die Spectroskopie kann somit als dahin entschieden gelten, daß es nicht vernachlässigt werden darf bei der Vergleichung der Intensitäten verschiedener Spectralgebiete, daß aber sein Einfluß für naheliegende Linien gering ist. In der That haben auch Campbell's Beobachtungen sich bei einer Prüfung durch Keeler, den jetzigen Director der Licksternwarte, dessen

1) Astrophysical Journal Bd. VIII p. 32.

Autorität auch von Scheiner voll anerkannt wurde, als zuverlässig erwiesen.[1]) So hat Keeler an dem Sterne BD. +30⁰ 3639 bei weitem Spalte des Spectroskopes Hβ als kreisförmige, gut begrenzte Scheibe, bei engem Spalte als lange Linie gesehen, welche das fadenförmige Sternspectrum kreuzte. Die ebensohelle Linie 465·2 $\mu\mu$ bildete dagegen nur einen Punkt in diesem Spectrum. Hβ war aber sogar dann sichtbar, wenn das Bild des Sternes selbst etwas seitlich vom Spalte stand, das Sternspectrum also gar nicht mehr vorhanden war. Diese Linie kann daher nicht durch Irradiation erzeugt sein, sondern stammt von der die Umgebung des Sternes erfüllenden Wasserstoffatmosphäre.

Am 13 Dec. 1898 untersuchte Keeler das Spectrum des Orionnebels.[2]) In der lichtschwachen Gegend bei dem Stern Bond 734 war nur eine Linie zu erkennen, da die Luft dunstig war; sie wurde durch Messung als Hβ festgestellt. Die Region nahe beim Trapez gab dagegen das gewöhnliche Nebelspectrum, in dem Hβ und 495,6 ungefähr gleichhell waren, während 500·7 mehrmals heller erschien als jede dieser Linien. Nun blendete Keeler das Nebellicht ab, indem er die Spaltöffnung bei gleich bleibender Breite verkürzte. Als letzte Linie des abgeschwächten Spectrums blieb in dieser Region die Hauptnebellinie 500·7 sichtbar. Die ungleiche Beschaffenheit der mittleren und der äußeren Theile des Orionnebels ist hierdurch auf's klarste dargethan.

Dies scheint aber nicht der einzige Fall von Ungleichförmigkeit im Orionnebel zu sein. Im Jahre 1888 machte W. H. Pickering eine Spectralaufnahme der Huyghens'schen Region (beim Trapez); hier zeigt das Licht, das der Linie 372·7 $\mu\mu$ entspricht, eine besonders hohe Intensität am Südwestrande dieser Region sowie gerade westlich vom Trapez. Barnard beschrieb 1894 einen mattleuchtenden, rothen Streifen längs der Südgrenze der Huyghens'schen Region. Die Vermuthung, daß hier die rothe Wasserstofflinie Hα sichtbar würde, hat sich bei Beobachtungen am 36-Zöller nicht bestätigt. Keeler, der kürzlich den rothen Streifen ebenfalls sah, hält es für möglich, wenn auch nicht als entschieden, daß derselbe subjektiven Ursprungs sei. Er weist zugleich darauf hin, daß etwaige wirkliche Differenzen in der Beschaffenheit ein-

1) Astrophysical Journal Bd. VIII p. 113.
2) Astron. Nachrichten Bd. 148 S. 207.

zelner Regionen eine der Ursachen der Verschiedenheit des photographischen und direct sichtbaren Nebelbildes sein könnte. Zur näheren Ergründung dieser Verhältnisse hat Keeler photographische Aufnahmen an dem dreifüßigen Croßley'schen Spiegelteleskop gemacht 1), und zwar wurde z. B. am 9. Febr. 1899 eine orthochromatische Platte unter Anwendung eines Farbenfilters, der nur die auf das Auge hauptsächlich einwirkenden Strahlen mit 500 $\mu\mu$ durchließ (Hβ wird dadurch auf die halbe Helligkeit reducirt), 140 Min. lang belichtet. Sodann wurde der Filter entfernt und noch drei Aufnahmen auf gewöhnlichen Platten von 4, 5 und 6 Min. Dauer gemacht. Die vier Aufnahmen wurden gleichzeitig im gleichen Troge entwickelt, wobei das Bild der Huyghens'schen Region auf der orthochromatischen und der ersten der drei anderen Platten gleich schnell kam. Auf der orthochromatischen Platte ist nun die Intensität der äußeren Nebelregionen und der Nebelausläufer viel schwächer als auf den gewöhnlichen Platten. Hatte andererseits der Orionnebel auf Photographien beider Art, die in einer und derselben Nacht gewonnen sind, sich in gleicher Ausdehnung abgebildet, dann zeigte die orthochromatische Platte die Huyghens'sche Region heller als eine gewöhnliche Platte. „Somit sind die Ergebnisse der spectroskopischen Untersuchungen bestätigt und noch erweitert auf solche Theile des Nebels, welche für die directe Beobachtung zu schwach sind.“

Durch den Farbenfilter sind alle schwächeren Nebelpartien, verglichen mit der Huyghens'schen Region, in ihrer Intensität herabgesetzt worden, jedoch keineswegs im gleichen Verhältnisse. Ein heller, leicht sichtbarer Ausläufer (Proboscis major), einem Türkensäbel ähnlich, zieht vom Nebelcentrum gegen Süden. Etwas westlich davon läuft ein paralleler Streifen, der sehr schwach ist und auf fast allen Nebelzeichnungen fehlt. Auf gewöhnlichen Platten erscheinen beide Ausläufer in nahezu gleicher Helligkeit, während die mit Benutzung des Filters auf orthochromatischen Platten erhaltenen Bilder mit dem directen Anblicke übereinstimmen. Offenbar sind im Spectrum des hellen Ausläufers die eigentlichen Nebellinien verhältnißmäßig kräftig, die Wasserstofflinien dagegen im Spectrum des matten Nebenstreifens. Sehr stark ist auf den farbenempfindlichen Platten die Region um Bond 734 abge-

1) Astrophysical Journal Bd. IX p. 133 ff.

schwächt und gerade hier treten die Nebellinien fast gänzlich zurück im Vergleich zur Linie Hβ.

Das Spectrum des großen Andromedanebels wurde von Scheiner und Ludendorff in Potsdam mit einem kleinen Spectrographen, der in Verbindung mit einem Spiegel von 32 cm Oeffnung, 96 cm Brennweite eine ganz besondere Lichtstärke für Objecte mit Flächenausdehnung besitzt, am 4. und 5. Jan. 1899 bei 7½ stündiger Belichtung aufgenommen.[1]) „Eine Vergleichung dieses Spectrums mit dem im gleichen Apparate aufgenommenen Sonnenspectrum ergab eine überraschende Uebereinstimmung beider, sogar in Bezug auf die relativen Intensitäten der einzelnen Spectralbezirke. — Es ist mithin dargethan, daß der Andromedanebel ein Spectrum der Klasse IIa zeigt, oder also, daß der überwiegende Theil der den Kern des Andromedanebels zusammensetzenden Sterne dieser Spectralklasse angehört.“ Daß dieses interessante Object kein Gasnebel ist, geht aus dem Fehlen der Nebellinien hervor. Wir müssen also den Andromedanebel als wirklichen Sternhaufen betrachten und ebenso die anderen, ihm in der Form gleichenden Spiralnebel. Auch unsere Milchstraße ist höchstwahrscheinlich spiralförmig gebaut; wir können daher weiter schließen, daß wir in dem Andromedanebel eine weit entfernte, andere Milchstraße vor uns sehen, von der sich die unsrige nur durch das Ueberwiegen der Sterne vom I. Spectraltypus unterscheiden würde.

Dieses sehr wichtige Ergebniß der Spectralforschung war als Vermuthung schon oft ausgesprochen worden, so von dem Vater der Stellarastronomie, W. Herschel. Auch das wiederholt behauptete Aufleuchten von Sternen im Kerne des Nebels, namentlich auch die Nova von 1885, erklärt sich leicht, wenn man bedenkt, daß unter den in der Entwicklung schon weiter fortgeschrittenen Sternen im Andromedanebel verhältnißmäßig viele Veränderliche sein werden, die meist zum dritten Typus gehören. Auch 1898 wurde das Aufleuchten eines Sternchens gemeldet, indessen widersprachen sich die Beobachter, so daß die Realität der Erscheinung zweifelhaft ist. L. Brenner, der den Stern am 23. Oct. ganz deutlich gesehen zu haben glaubt, erwähnt[2]), daß es ihm schon

1) Astron. Nachrichten Bd. 148 S. 325.
2) Ebendas. S. 59.

am 24. Aug. 1895 einmal gelungen sei, den Nebelkern bei 660-facher Vergrößerung in unzählige Lichtpünktchen von höchstens 13. Gr. aufzulösen.

Fortwährend finden sich noch neue Nebel, die bisher noch nicht verzeichnet sind, besonders auf photographischen Himmelsaufnahmen. So entdeckte J. Roberts[1]) einen unregelmäßig runden, helleren Nebel von 13′ Durchmesser im Einhorn, der mehrere Sterne umhüllt. Eine sehr merkwürdige Gruppe von 46 Nebeln und Nebelsternen bildete sich auf Photographien ab, die mit dem großen Bruce-Fernrohr (60 cm Oeffnung) in Arequiba im October 1898 aufgenommen sind.[2]) Die Gruppe bedeckt eine Fläche von etwa 20 Quadratgraden.

Erfolgreiche Aufnahmen vom Ringnebel in der Leier, dem Spiralnebel in den Jagdhunden, großen Andromedanebel und der Plejadengegend hat A. Rabourdin mit dem großen Teleskop zu Meudon (Spiegel von 1 m Oeffnung und 3 m Brennweite) gemacht.[3]) Bei 20 Min. Belichtung ist der Ringnebel schon so hell wie auf einer sechsstündigen Aufnahme am photographischen Refractor in Algier. Mit zunehmender Belichtung füllt sich das Innere des Ringes mit Nebellicht, ohne daß die äußeren Dimensionen wachsen. Der Centralstern ist sehr auffällig. Der Andromedanebel erweist sich als ein Spiralnebel, die Aehnlichkeit mit dem Planeten Saturn und seinen Ringen, die zu allerlei gewagten Speculationen gedient hat, ist blos scheinbar.

Den Nebel im Walfisch haben Baillaud und Bourget in Toulouse mit einem Reflector von 83 cm Oeffnung und 5 m Brennweite photographirt.[4]) Man sieht eine kleine Spirale im Kerne, der von einer großen, aber matten Nebelspirale umgeben ist; außerdem zeigt die Platte zehn sternartige Verdichtungen im Nebel.

Die schwachen Nebel, welche nach Aufnahme von Barnard und M. Wolf die Plejadengruppe umgeben, sollten nach J. Roberts, der sie auf seinen Aufnahmen großen Maaßstabes nicht findet, nichts als Plattenfehler sein. Dem gegenüber verweist Bar-

---

1) Astron. Nachrichten Bd. 147 S. 87.
2) Harvard Obs. Circular Nr. 38.
3) Comptes Rendus Bd. CXXVI p. 380.
4) Ebendas. Bd. CXXVII p. 1191.

nard[1]) auf eine von Wilson in Northfield mit einem 6 zöll. Porträtobjective gemachten Aufnahme, welche die fraglichen Nebel an gleicher Stelle und in gleicher Form wie Barnard's Photographien zeigen.

Anhang.

Die Sonnenfinsterniß am 28. Mai 1900.

Das nächste Jahr bringt eine für Nordafrika, Spanien, die Südstaaten Nordamerikas und Mexico totale Sonnenfinsterniß. Für Deutschland wird die Hälfte bis zwei Drittel der Sonne vom Mond verdeckt. Wir geben hier für einige Orte die Zeiten (M. E. Z.) des Beginns und des Endes, sowie die Größe der Verfinsterung; für Nachbarorte wird man die entsprechenden Daten leicht durch Schätzung finden können:

Ort	Anfang	Ende	Gr.
Basel	$3^h\ 59{\cdot}1^m$	$6^h\ 5{\cdot}6^m$	0·71
Straßburg	3 58·4	6 3·5	0·67
Frankfurt a/M.	3 57·7	6 0·6	0·65
Köln	3 55·5	5 59·1	0·64
Hannover	3 57·1	5 55·8	0·59
Hamburg	3 56·4	5 53·2	0·57
Berlin	4 0·5	5 55·1	0·56
Leipzig	4 0·7	5 57·5	0·60
Nürnberg	4 0·8	6 1·5	0·64
München	4 2·4	6 4·0	0·67
Wien	4 6·8	6 3·0	0·63
Prag	4 3·5	5 59·7	0·61
Breslau	4 4·6	5 57·0	0·57
Thorn	4 4·4	5 52·9	0·53
Königsberg	4 4·4	5 48·8	0·47

1) Observatory Bd. XXI p. 351.

II.

Physik und Meteorologie.

Mechanik.

Die großen Messungen der Gravitationsconstante und der mittleren Dichtigkeit der Erde von Richarz und Krigar-Menzel sind abgeschlossen.[1]) Ueber die Methode ist in früheren Jahrgängen dieses Jahrbuchs ausführlich und an mehreren Stellen berichtet worden.[2]) Einiges über den Aufbau des Bleiklotzes sei hier nachgetragen. Er hatte die Form einer quadratischen Säule von 200 cm Höhe und 210 cm horizontaler Kantenlänge und bestand aus einzelnen Stücken von der Form 10 × 10 × 30 cm, die so zusammengesetzt waren, daß sich keine durchlaufenden Verticalfugen bildeten. Der Klotz erhielt, dank der sorgfältigen Ausführung des Gußes durch die kgl. Geschützgießerei in Spandau, sehr glatte Wände und gerade Kanten. Die ganze Bleimasse hatte ein Volum von nahezu 9 cbm und wog mehr als 100000 kg. Das Fundament, welches dieses große Gewicht trug war 1 1/2 m tief in die Erde gemauert und hatte eine quadratische Oberfläche von 2·5 m Kantenlänge. Es senkte sich unter der Last die Mitte des Fundaments um 8 mm. Die Waage besaß zwei obere und zwei untere Schalen, zwischen welchen sich der Bleiklotz befand. Die unteren Schalen schweben in der Mitte eines dicht unter der cementirten Oberfläche des Fundaments ausgesparten Kanals, der zur Vermeidung von Luftströmen durch Fallthüren geschlossen werden kann. Die oberen Schalen sind mit den unteren durch Stangen von 226 cm Länge verbunden, welche

---

1) Abhandlungen der Berl. Akademie. Sept. 1898 (auch als Sonderabdruck erschienen) Auszüge: Wied. Ann. Bd. 66. S. 177. 1898. Zeitschrift f. Instrumentenk. Bd. 19. S. 40. 1899.

2) S. dies. Jahrb. Bd. 31. S. 97. 1895. Bd. 33. S. 34. 1897.

durch den Bleiklotz durchgeführt sind. Die Wägung wurde so ausgeführt, daß das Gewicht von 1 kg einmal rechts oben und links unten und dann links oben und rechts unten aufgelegt wurde. Der in der Mitte befindliche Bleiklotz zog das obere Kilogramm etwas stärker nach unten, vermehrte also sein Gewicht, das untere Kilogramm aber etwas nach oben, verminderte also sein Gewicht. Um den Auftrieb der Luft zu vermeiden, der oben und unten der ungleichen Temperatur wegen verschieden ist, wurden Hohlkugeln aus Platin, die fast genau dasselbe Volum hatten, wie die Kilogrammgewichte, auf die freien Waagschalen gelegt. Ueber die Art der Einrichtung des Beobachtungsraums vergleiche man die unten citirten Stellen in diesem Jahrbuche.

Leider machten Temperaturstörungen Aenderungen des ursprünglichen Plans nöthig,[1]) sie gestatteten nämlich nicht, wie es zweckmäßiger gewesen wäre, jedes der beiden Kilogrammgewichte nur auf derselben Seite der Waage, einmal oben, einmal unten zu verwenden, sondern es durfte das eine Gewicht nur oben, einmal rechts, einmal links, das andere nur unten in derselben Weise verwendet werden. Der trotz der geschützten Lage in den Kasematten der Festung Spandau mit dem Wechsel der Jahreszeiten auftretenden Temperaturschwankungen wegen mußten einige Correctionen angebracht werden.

Der endgültige Werth der Gravitationsconstante ist

$$G = (6{\cdot}685 \pm 0{\cdot}011)\;.\;10^{-8}\;\frac{\mathrm{cm}^3}{\mathrm{g.\;sec}^2}.$$

Die mittlere Dichtigkeit der Erde ist

$$D = (5{\cdot}505 \pm 0{\cdot}009)\;\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}.$$ [2])

Der wahrscheinliche Fehler des Resultats beträgt 4·6 pro Mille.

Das früher [3]) beschriebene Normalbarometer von Koch hat einige Verbesserungen erfahren, durch welche es allerdings noch complicirter geworden ist.[4]) Die zur Prüfung des Volums die-

1) Ueber diese Störungen siehe dies. Jahrb. Bd. 31. S. 99. 1895.
2) Eine Zusammenstellung dieser Zahl mit älteren Werthen findet sich in dies. Jahrb. Bd. 33. S. 35. 1897.
3) S. dies. Jahrb. Bd. 32. S. 74. 1896.
4) Wied. Ann. Bd. 67. S. 485. 1899.

nende Hittorf'sche Röhre ist statt mit inneren Electroden mit Metallkappen versehen worden, welche als Electroden dienen und durch Vermeiden der Einschmelzstellen ein Eintreten von Luft verhindern. Ferner ist es jetzt dauernd an eine Sprengel'sche Quecksilberluftpumpe angeschlossen, um jederzeit ein Nachpumpen zu ermöglichen. Auch das Gebläse ist verbessert.

Akustik.

Macht man Chladni'sche Klangfiguren mit in der Mitte eingespannten kreisförmigen Klangplatten, so bemerkt man häufig, daß die Knotenlinien eine Drehung ausführen oder gar oscilliren. Zenneck[1]) hat diese Erscheinung einer Untersuchung unterzogen. Die Erscheinung, welche Lord Rayleigh zuerst erklärt hat, beruht darauf, daß eine kreisförmige Klangplatte niemals vollkommen homogen und kreisrund ist und infolgedessen zwei Töne gibt, die ein wenig differiren, je nachdem sie an dem einen oder dem anderen Punkte angestrichen wird. Es gibt nun drei verschiedene Fälle.

a) Es existiren zwei Lagen der radialen Knotenlinien in welchen man ruhende Knotenlinien erhält. Sie liefern obertonfreie Töne. Die Knotenlinien der einen Lage halbiren den Winkel zwischen den Knotenlinien der anderen.

b) Liegt der angestrichene und der festgehaltene Punkt nicht in einer dieser beiden Lagen, so giebt die Platte gleichzeitig beide Töne. Man hört Schwebungen. Die Knotenlinien oscilliren dann um die zunächstliegende der beiden Ruhelagen.

c) Der angestrichene und festgehaltene Punkt liegen genau in der Mitte zwischen beiden Ruhelagen. Die Schwebungen erreichen ihr Maximum, eine Oscillation der Knotenlinien findet nicht statt, sondern die beim Festhalten entstehenden Sandaufhäufungen lösen sich nach dem Loslassen rasch auf.

Wird nun die Platte nicht fest eingespannt, sondern so, daß sie sich um einen Zapfen drehen kann, so sind zwei Fälle zu unterscheiden:

a) Wenn die Platte so erregt wird, daß ruhende Knotenlinien entstehen, so dreht sie sich um einen gewissen Winkel und bleibt dann ruhig liegen.

---

1) Wied. Ann. Bd. 66. S. 170. 1898.

b) Erhält man beim Anstreichen der Platte zwei Schwingungen gleichzeitig, so oscillirt die Platte. Man kann die Wirkung vergrößern, wenn man die Platte in der Richtung der einen ruhenden Knotenlinie mit einem radial angeklebten Draht belastet.

Die Erklärung ist eine sehr einfache. Werden ruhende Knotenlinien auf einer festgespannten Platte erregt, so werden die Sandkörner in der Richtung der Plattennormale fortgeworfen. Da aber die Platte während der Schwingung gekrümmte Oberfläche besitzt, so ist diese Normale nicht vertical, sondern etwas schräg, es entstehen also seitliche Componenten, die das Sandkorn nach der nächsten Knotenlinie treiben. Wenn man nun an eine nicht in der Knotenlinie befindliche Stelle eine Spitze der Platte gegenüberhält, so muß beim Anstoßen sich die Wirkung umkehren nnd die Platte nach der entgegengesetzten Seite rotiren. Solche Punkte, gegen welche die Platte stößt, befinden sich aber an der Unterlage, auf der die Platte aufliegt. Wenn also die Sandkörner nur eine fortschreitende Bewegung zeigen, so muß es auch die Platte, im entgegengesetzten Sinne, thun (Fall a). Oscilliren aber die Sandkörner, so muß auch die Platte oscilliren (Fall b).

Im Anschlusse an die früher in diesem Jahrbuche [1]) besprochenen Untersuchungen von Krigar-Menzel und Raps hat Klinkert [2]) auf demselben photographischen Wege die Bewegungen elektromagnetisch erregter Saiten untersucht. Die Abweichungen von der Krigar-Menzel'schen Methode bestanden hauptsächlich darin, daß Klinkert Sonnenlicht statt des elektrischen verwendete und daß die Photogramme nicht mit Bromsilberpapier, sondern auf einer photographischen Platte aufgenommen wurden. Diese Platte war mit ihrer Casette am freien Ende eines 2 m langen Holzpendels befestigt, und ist durch geeignete lichtdichte Einhüllung vor Nebenlicht geschützt. Außerdem ist nach einer Methode von W. König auch eine subjective Beobachtung ermöglicht. Die Aufnahme erfolgt während einer Halbschwingung des Pendels. Die Saiten waren dünne Stahldrähte von 0·22 bis 0·36 mm Dicke. Sie waren 96 cm lang. An die Saite wurde ein dünner Platinstift gelöthet, welcher in ein durch eine Schraube vertical verstellbares Quecksilbernäpfchen

1) S. d. Jahrb. Bd. 28. S. 134. 1892. u. Bd. 30. S. 117. 1894.
2) Wied. Ann. Bd. 65. S. 849. 1898.

tauchte und so die Unterbrechung besorgte. Auch der Elektromagnet ließ sich durch eine Mikrometerschraube der Saite nähern. Die Mikrometerschraube ermöglichte äußerst geringe Verschiebungen. Außerdem konnte der Elektromagnet parallel der Saite verschoben werden, um verschiedene Punkte derselben anzuregen. Auch der Unterbrecherstift wurde im Laufe der Untersuchung an verschiedenen Stellen der Saite angebracht. Die Beobachtungen erstreckten sich auf alle Punkte der Saiten. Die Schwingungen werden übrigens nicht in erster Linie durch den Gleichstrom der Batterie hervorgerufen oder erhalten, sondern durch den Oeffnungsstrom, wie sich durch besondere Versuche feststellen ließ. Dieser muß sich daher besonders kräftig entwickeln können, und es empfiehlt sich infolgedessen einen Condensator oder wenigstens einen möglichst inductionsfreien Widerstand zwischen die Funkenstrecke einzuschalten. Fehlt dieser, so kommt die Saite sehr bald zur Ruhe.

Die Schwingungen, welche auftraten, waren entweder die reinen Sinusschwingungen des Grundtons oder Combinationstöne desselben mit einem besonders stark hervortretenden Oberton. Der Grundton allein trat auf, wenn die Contactstelle in der Mitte der Saite und der Elektromagnet über dem mittleren Drittel angebracht war. Wurde aber der Elektromagnet mehr dem Ende der Saite genähert, dann trat der 3. Oberton besonders stark auf. Bei verminderter Spannung und wenn der Elektromagnet über $^1/_{10}$ bzw. $^1/_{14}$ der Saitenlänge stand, kam der 5. bzw. 7. Partialton deutlich zum Vorschein. Die geradzahligen Partialtöne ertönten erst nach Verschiebung des Contactstiftchens. Das Auftreten der Partialtöne hing von vier Umständen ab, nämlich von

1. der Lage der Erregungsstelle des Elektromagneten
2. der Entfernung des Elektromagneten von der Saite
3. der Stelle, an welcher der Contactstift sitzt
4. der Spannung der Saite.

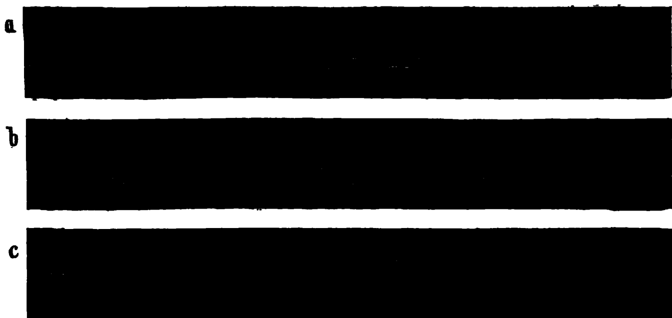
Die Phase hing von der Lage der Erregungsstelle und von der Tiefe des Eintauchens ab.

Bis auf die Lage der Erregungsstelle ist der Einfluß dieser Umstände so stark, daß selbst unmeßbar kleine Aenderungen schon ganz andere Schwingungserscheinungen hervorrufen können.

Um die Partialtöne sehr deutlich hervorzurufen, empfiehlt es sich, den ersten Schwingungsbauch als Erregerstelle zu wählen. Der Quecksilbercontact ist am ersten Schwingungsknoten des Par-

tialtons, den man haben will anzubringen. Beides ist ohne Weiteres einleuchtend. Die Spannung der Saite ist im Allgemeinen um so geringer zu wählen, je höher der Partialton ist, den man haben will. **Ausnahmen** hiervon sind aber zu beobachten. Die Tiefe des Eintauchens wählt man am besten so, daß der Contactstift in der Ruhelage gerade die Quecksilberoberfläche berührt. Dies nennt **Klinkert** normales Eintauchen. Ist das Quecksilbernäpfchen so gestellt, daß die äußerste Grenze erreicht wird, ohne daß die Saite zu schwingen aufhört, so hat man das Maximum oder Minimum des Eintauchens. Jede Veränderung der Tiefe des Eintauchens hat eine Phasenänderung zur Folge.

Fig. 1.

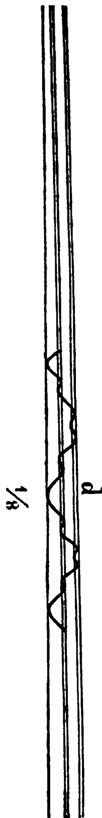


Einige der sehr schönen Photographien mögen hier wiedergegeben sein. In Fig. 1 giebt b den bei der betreffenden Versuchsanordnung erhaltenen 5. Oberton. Vermehrt man die Spannung, so erhält man den 3. Oberton (a), vermindert man sie, so erscheint der 4. Partialton (c). Im Uebrigen muß auf die Originalabhandlung verwiesen werden, welcher 72 photographische Reproductionen beigefügt sind.

Man kann übrigens auch aus der Betrachtung der Saite direct einige Schlüsse auf die Schwingungsform machen. Wenn man hinter der Saite ein mattschwarzes Tuch ausspannt, und die Saite bei diffusem Tageslicht betrachtet, so erhält man ein in der Mitte breiteres nach den Saitenenden spitz zulaufendes helles und mit

helleren Rändern eingefaßtes Band, wenn die Saite nur ihren Grundton hören läßt. Gibt sie aber auch einen ihrer Obertöne, so ist dies Band von einer Reihe heller Streifen durchzogen, die den Rändern parallel sind. Sie entstehen, wie Fig. 2 andeutet an den Umkehrpunkten der Schwingungscurven, an denen die Saite sich in relativer Ruhe befindet. In der Fig. deuten die schwarzen Horizontallinien die Streifen und ihre Beziehung zu der Schwingungscurve an.

Fig. 2.



Bringt man an der schwingenden Saite noch einen zweiten Contact an, welcher einen zweiten Elektromagneten erregt, der eine zweite Saite in Schwingung versetzt, welche mit der ersten gleichgestimmt ist, so kann man durch Reguliren der Tiefe des Eintauchens beim zweiten Contact und der Spannung der zweiten Saite schließlich eine Schwingungsform erreichen, welche den Typus der Schwingungscurven gezupfter Saiten hat (Fig. 3). Allerdings sind die Ecken etwas abgerundet. Ist der Punkt der Erregung ebensoweit vom linken Saitenende wie der Beobachtungspunkt, so erhält man eine nach dem Magneten zu gerichtete Spitze. Die untere horizontale Strecke wird dann um so länger, je näher der Saitenpunkt dem Ende ist (die den Figuren beigeschriebenen Brüche bezeichnen die Entfernung des erregten und beobachteten Punktes vom benachbarten Saitenende in Bruchteilen der ganzen Saitenlänge). Liegen die Punkte nahe am Ende, so zeigen die horizontalen Strecken kleine Kräuselungen.

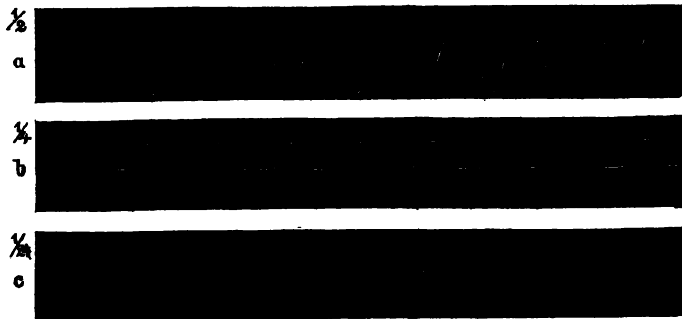
Die Saite geht sehr leicht aus ihrer Schwingungsebene heraus und die einzelnen Saitenpunkte beschreiben Ellipsen oder Kreise.

Bei der zweiten Saite muß man die Spannung vermindern, wenn der zweite Contactstift tiefer eintaucht, weil sich die Saite erwärmt. Es ist aber gleichgültig, ob die erste Saite nur den Grundton oder auch Obertöne gibt. Durch geeignete Stellung des zweiten Elektromagneten und Reguliren der Spannung der zweiten Saite kann man auch Obertöne erhalten.

Schließlich sind noch Resonanzversuche angestellt worden.

Der in diesem Jahrbuch schon mehrfach besprochene [1]) Streit über die Tonhöhe der Appunn'schen Stimmgabeln und Pfeifchen wird immer noch in heftigster Weise geführt. Zunächst berufen sich sowohl Stumpf und Meyer [2]) als auch Melde auf ihre Versuche und die Unabhängigkeit ihrer Methoden von einander. Die ersteren führen aber auch die Autorität von Helmholtz ins Feld, der nachgewiesen hat, daß bei „cubischen" Pfeifen, deren Durchmesser nicht mehr klein gegen ihre Länge ist, die Proportionalität zwischen Länge und Schwingungsdauer nicht mehr zutrifft, wie dies Appun behauptet.[4]) Die nach der Helmholtz'schen Formel berechneten Schwingungszahlen für

Fig. 3.



eine Serie von 6 Pfeifen, die Appunn an die beiden Herren übersandte, und „auf die er schwört", weichen aber von den Appunn'schen Angaben sehr bedeutend ab.

Von Appunn angegebene Tonhöhe.	Berechnete Tonhöhe.
2500	3410
5000	4500
10000	6280
20000	7770
40000	9520
50000	9960

1) S. dies. Jahrb. Bd. 30. S. 119. 1894. Bd. 34. S. 112 ff. 1898.
2) Wied. Ann. Bd. 65. S. 641. 1898.
3) Ebendas. S. 645.
4) S. dies. Jahrb. Bd. 34. S. 116. und 121.

Melde weist noch darauf hin, daß die geringe Belastung, die vielleicht die Tonhöhe um einige hundert Schwingungen verändert, gegenüber den hohen Schwingungszahlen, die erreicht werden sollen, nicht in Betracht kommt.

Der Streit wird nun durch zwei Aufsätze Appunn's[1]) im höchsten Grade interessant. Während nämlich Appunn jede exacte Methode zur Bestimmung der Schwingungszahlen seiner Stimmgabeln und Pfeifchen abgelehnt und ignorirt hat, indem er sie einfach für nicht beweiskräftig erklärte, hat er jetzt mit Hilfe einer optischen Methode die Tonhöhe dieser Tonkörper bestimmt. Er nimmt von seinen Pfeifchen den Deckel ab und ersetzt ihn durch ein Glimmerblättchen, wodurch, nach Appunn, der Ton etwas tiefer wird. Dieses Blättchen schwärzt er bis auf einen kleinen, etwa 2 mm im Durchmesser haltenden Kreis. Auf diesen läßt er paralleles Sonnenlicht so fallen, daß es gegen einen rotirenden König'schen Spiegel geworfen wird, dessen Bilder ein photographischer Apparat fixirt. Die untersuchten Pfeifchen waren bezeichnet als C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, wobei $C_5 = 4000$ Schwingungen als richtig sicher (auch von anderer Seite) erwiesen war. C_9 wäre also = ca. 60000 Schwingungen gewesen. Appunn fand nun für C_5 5, für C_6 10, für C_7 20, für C_8 41, für C_9 70 helle, durch dunkle Zwischenräume unterbrochene Lichtwellen. Hieraus leitet Appunn ab, daß einmal für seine Pfeifchen der Satz gilt, daß der halben Länge die doppelte Schwingungszahl entspreche und zweitens folgende Zahlen für die 6 Pfeifchen

$$C_5 = 4000$$
$$C_6 = 8000$$
$$C_7 = 16000$$
$$C_8 = 32800$$
$$C_9 = 56000.$$

Mit festgelötheten Metalldeckel macht das Pfeifchen C_5 4096 Schwingungen, demnach ergeben sich nach Appunn:

$$C_6 = 8197$$
$$C_7 = 16384$$
$$C_8 = 32768$$
$$C_9 = 65536,$$

1) Wied. Ann. Bd. 67. S. 217. und S. 222. 1899.

wobei aber nur angenäherte Richtigkeit für die höheren Zahlen zugegeben wird.

Sodann sucht Appunn nachzuweisen, daß die Methode der Differenztöne bei hohen Tönen niemals zum Ziel führen kann. Diese Methode haben aber Stumpf und Meyer angewendet. Appunn beschränkt sich hier auf einige von ihm ausgewählte Zahlenbeispiele, die in den Arbeiten von Stumpf und Meyer nicht vorkommen und sucht nachzuweisen, daß man den ersten mit den zweiten oder dritten Differenzton verwechseln könne. Eins dieser Beispiele möge genügen. Es sei z. B. das Verhältniß 4 : 7 gegeben. Der Differenzton I. Ordnung ist 3, der Differenzton II. Ordnung ist (4—3) = 1, der Differenzton III. Ordnung gibt (3—1) = 2. So erklingen gleichzeitig die Töne 1 : 2 : 3 : 4 : 7. Von den Tönen 5 und 6 ist aus begreiflichen Gründen abgesehen. Aus dieser Tonreihe bildet sich aber der Differenzton 1 dreimal, wird also bedeutend verstärkt, so daß er für den ersten Differenzton, der ja in Wirklichkeit 3 ist, gehalten werden könnte, und man statt des zu bestimmenden Tons 7 den Ton 5 bestimmt. Oder mit Anwendung auf die Praxis: ein Pfeifchen von 8000 Schwingungen ist als richtig erkannt; es soll eins von 50 000 damit geprüft werden. Die Differenztöne, die sich ergeben sind:

$$\begin{array}{r} 50\,000 \\ -\;8\,000 \\ \hline 42\,000 \end{array} \text{ I. Differenzton} \qquad \begin{array}{r} 42\,000 \\ -\;8\,000 \\ \hline 34\,000 \end{array} \text{ II. Differenzton}$$

$$\begin{array}{r} 42\,000 \\ -34\,000 \\ \hline 8\,000 \end{array} \text{ III. Differenzton}$$

Demnach wird der Ton 8 000 verstärkt, hält man ihn infolgedessen für den ersten Differenzton, so ergiebt sich als Schwingungszahl für den zu bestimmenden Ton 8000 + 8000 = 16 000 also eine Differenz von 34 000 Schwingungen.

Diese Arbeiten wurden einmal von Stumpf dadurch beantwortet, daß er F. A. Schulze[1]) beauftragte, die optische Untersuchung der Appunn'schen Pfeifchen zu wiederholen. Appunn überließ ihm dieselben Pfeifchen, die auch er untersucht hatte, noch

1) Wied. Ann. Bd. 68. S. 99. 1899.

mit ihrem Glimmerblättchen versehen. Die Methode war bis auf nebensächliche Einzelheiten (elektrisches Licht statt Sonnenlicht) genau dieselbe, das Resultat dagegen ein ganz anderes. Es ergaben sich für die Pfeifchen folgende Werthe:

Appunn'sche Bezeichnung	Mittlere	Kleinste	Größte
	Schwingungszahl		
C_5	3920	3790	4010
C_6	4780	4620	4950
C_7	6850	6660	6900
C_8	8530	8320	8810
C_9	10380	8930	11200

Mit diesem Befunde beruhigten sich aber weder Schulze noch Stumpf, sondern die Pfeifchen wurden nach der Kundt'schen Staubfigurenmethode und nach der Quincke'schen Interferenzmethode und schließlich auch nach der Differenztonmethode untersucht, so daß die Resultate vier ganz verschiedener Methoden und zweier Beobachter vorlagen.

Die Pfeifchen wurden mit ihrem Mundloch vor eine mit etwas Lycopodium versehene Glasröhre gebracht, deren anderes Ende durch eine Pappscheibe geschlossen war. Die Staubfiguren kommen sehr leicht und schön.

Sodann setzte man die Pfeifchen vor die Mündung einer Quincke'schen Interferenzröhre und maaß die Wellenlänge des Pfeifchentons durch Aufsuchen der Maxima und Minima. Die Wellenlänge für C_9 war reichlich 3 cm, die eine Rohrhälfte ließ sich um 64 cm verlängern, sodaß eine große Zahl von Maximis und Minimis aufgesucht werden konnte. Alle diese Resultate sind mit der von Stumpf durch die Differenztonmethode ermittelten und den Appunn'schen Angaben in folgender Tabelle (s. nächste Seite) zusammengestellt.

Die Resultate der vier Methoden stimmen also sehr gut überein.

Außerdem hat aber auch Stumpf[1]) selbst auf die letzte Appunn'sche Arbeit geantwortet und die Frage der Differenztonbestimmung einer genauen Prüfung unterzogen. Er weist zunächst das auch oben angeführte Zahlenbeispiel einfach dadurch

1) Wied. Ann. Bd. 68. S. 105. 1899.

Schwingungszahl nach				
Appunn	Schulze			Stumpf
Spiegelmethode	Spiegelmethode	durch Kundt'sche Staubfiguren	durch Quincke's Interferenzmethode	Differenztonmethode
$C_6 = 4000$	$3920 = ces_4$	4010	4020	4000 bei guter Windstärke
$C_5 = 8000$	$4780 = d_5$	5180	5010	4900 bei guter Windstärke
$C_7 = 16000$	$6850 = a_5$	7110	6830	6700 bei guter Windstärke
$C_8 = 32800$	$8530 = cis_6$	8500	8590	7780 bei guter Windstärke
$C_9 = 56800$	$10380 = fis_6$	10750		8700 „ max. „
			9990	8870 bei guter Windstärke
				10670 „ maxim. „

zurück, daß er darauf aufmerksam macht, daß ein Differenzton unhörbar wird, wenn er mit einem der Primärtöne zusammenfällt, wie dort der Ton 8000. Sodann zeigt er durch eingehende Untersuchung, wie man die verschiedenen Differenztöne leicht unterscheiden kann, wenn man einen der beiden Primärtöne successive ändert. Die Differenztöne steigen bei stetiger Veränderung des einen Primärtons entweder aufwärts oder abwärts und man hat dies nur zu verfolgen, um zu entscheiden, welchen Differenzton man vor sich hat.[1]) So bilden die Differenztöne höherer Ordnung direct ein werthvolles Erkenntnißmittel. Stumpf hat die Versuche mit den Appunn'schen Pfeifchen Fachleuten z. B. Kohlrausch, Planck, Warburg, die alle ein ausgezeichnetes musikalisches Gehör besitzen, vorgeführt. Alle bestätigten die Stumpf'schen Beobachtungen und ihre Nachprüfung der Versuche lieferten die Stumpf'schen Resultate. Schließlich wurden die Pfeifchen mit einer von Melde gelieferten Stimmplatte $C_7 = 16384$ Schwingungen verglichen, die Stumpf und Kohlrausch nicht mehr tönen hörten, während sie ein Appunn'sches Pfeifchen C_8 noch deutlich hörten. Dieses war also tiefer als C_7.

Melde[2]) stellt die sämmtlichen Methoden, die man zur Bestimmung der Schwingungszahl hoher Töne verwenden kann nochmals zusammen. Diese zerfallen in

A subjective
B objective.

---

1) Vgl. dies. Jahrb. Bd. 34. S. 113 und 114. 1898.
2) Wied. Ann. Bd. 67. S. 781. 1899.

Zu den ersteren gehören die „directe Ohrmethode", d. h. man constatirt durch das Ohr die Intervalle des tönenden Körpers mit andern von bekannter Schwingungszahl. Diese Methode hat bald ihre Grenzen. Sodann die „Differenztonmethode", welche ja aus den Bemerkungen in diesem Jahrbuche genügend bekannt ist. Damit sind die subjectiven Methoden erschöpft.

Unter den objectiven Methoden ist die erste die „einfach graphische Methode". Hier schreibt der tönende Körper seine Schwingungen auf einer neben ihm vorbei bewegten Platte oder Trommel auf.[1]) Um sehr hohe Töne mit dieser Methode untersuchen zu können, muß die Platte oder Trommel sehr rasch bewegt werden und außerdem die Möglichkeit einer mikroskopischen Messung vorliegen. Um das bequem ausführen zu können schlägt Melde Trommeln mit großem Umfang vor, auf die er eine dünne Glimmerplatte befestigt, welche zum Zwecke der mikroskopischen Untersuchung abgenommen werden kann. Ob die Bewegung der Trommel gleichförmig ist oder nicht ist dabei gleichgültig, wenn man nur die Zeit kennt, in welcher die Länge unter dem Stift vorbeigelaufen ist, und auf welcher er eine bestimmte Anzahl Wellen geschrieben hat. Man kann auch gleichzeitig oder nacheinander zwei tönende Körper schreiben lassen; wenn die Schwingungszahl des einen bekannt ist, kann die des andern dann ermittelt werden. Nach diesem Princip hat Melde eine neue Methode erfunden, bei welcher er mit einem „Pendelvibrograph" beobachtet. Auf diese Methode wird noch näher eingegangen werden. Schreiben zwei Körper, wie oben beschrieben, gleichzeitig, so ist der Apparat als Parallelvibrograph zu bezeichnen.

Die von Appunn benutzte, zuerst 1876 von Stein angegebene Methode, die Schwingungen zu photographiren, indem man von dem schwingenden Körper einen Lichtstrahl reflectiren läßt, nennt Melde die Methode mit „Photovibrograph".

Endlich gehört hierher die auch in diesem Jahrbuch[2]) schon beschriebene „Resonanzmethode". Schließlich empfiehlt Melde noch sensitive Flammen, die sich vielleicht auch mit Vortheil benutzen lassen könnten.

Mit dem Pendelvibrographen hat ein Schüler Meldes,

1) S. dies. Jahrb. Bd. 30. S. 120. 1894.
2) Bd. 34. S. 117. 1898.

Zickgraf[1]) gearbeitet und die Appunn'schen Gabeln untersucht. Ein Pendel von 54·5 cm Länge trägt am Ende eine Zinkplatte, auf welcher eine Glastafel befestigt ist, die nach dem Melde'schen Verfahren mit einen Ueberzug von Fett (Stearin und Olivenöl in gleichen Teilen) versehen ist. Das Pendel wird aus der Gleichgewichtslage gebracht und von einem Hebel festgehalten. Durch einen Zug an der Schnur wird der Hebel ausgelöst, das Pendel frei, es schwingt am tönenden und mit Schreibstift versehenen Körper vorüber und wird auf der anderen Seite durch eine geeignete Vorrichtung gefangen. Der Schreibstift ist bei niedrigen Schwingungszahlen (bis zu 10000) ein Haar aus einem Violinbogen, bei höheren ein sehr dünner Kupferdraht. Eine bestimmte Strecke auf der Glasplatte wird als Normalstrecke abgegrenzt und die Anzahl der Wellen festgestellt, die ein Tonkörper mit bekannter Schwingungszahl auf dieser aufschreibt. Da das Pendel immer aus genau derselben Höhe herunterfällt, so ist seine Geschwindigkeit in dem Augenblick, wo es an dem vor seiner Gleichgewichtslage aufgestellten schwingenden Körper vorbeikommt, jedesmal dieselbe.

Untersucht wurden 1. König'sche Gabeln. Dieselben enthielten die Octaven von c_3 bis c_7 und zeigten nur sehr geringe Abweichungen von den angegebenen Schwingungszahlen. Die größte Differenz war +105. Die König'schen Gabeln hat Melde[2]) auch schon bestimmt und seine Resultate stimmen mit denen Zickgraf's sehr gut überein.

2. Appunn'sche Gabeln. Auch hier kamen die in der oben angeführten Stelle und die später von Melde untersuchten Gabeln zur Prüfung. Auch hier zeigten sich die großen Abweichungen und die beste Uebereinstimmung mit Melde.

Gabel	Appunn	Melde	Zickgraf	Differenz mit Appunn Melde	Differenz mit Appunn Zickgraf
c_4	2048	2023	2033	—25	—15
c_5	4096	4052	4055	—44	—41
c_6	8192	8162	8142	—30	—56
c_7	16384	11717	11740	—4667	—4647
c_8	32768	—	13613	—	—19155

1) Ueber Melde's neueste Methode zur Bestimmung sehr hoher Schwingungszahlen. Inaug.-Dissertat. von A. Zickgraf. Marburg 1899.
2) S. dieses Jahrb. Bd. 30 S. 123. 1894.

Bei einer Stimmgabelreihe von 31 Gabeln war bereits a_5 um 158·66, d_6 um 324 Schwingungen zu hoch angegeben und Nummer 3178 sollte 40960 besitzen, hatte aber nur 14685 also 26275 Schwingungen oder 64·15% zu wenig. Schon bei h_6 beträgt der Fehler 22·62%.

Interessant ist die Zusammenstellung der wahren Schwingungen von drei Gabelserien, die sich in Marburg, Jena und Berlin befinden, und die untereinander übereinstimmen sollen.

	Wahre Schwingungszahlen		
Appunn'sche Angabe	Marburg.	Jena.	Berlin.
6144	6037	6200	6350
6826·66	6668	6300	6700
7680	7403	7840	—
8192	8142	6550	7900
9216	8892	6300	—
10240	10145	6500	9890
10922·66	10860	6700	—
12288	12306	7900	11000
13653·33	13469	8300	—
15360	11886	7780	—
16384	11740	8390	—
18432	12372	8910	—
20480	12422	9890	—
21845·33	12851	10110	12460
24576	12906	11000	—
27306·66	13657	12150	—
30720	12441	11440	—
32768	13613	12460	—
36834	14135	13200	—
40960	14685	14300	—

Die Gabeln die gleich sein sollen, stimmen also weder untereinander überein, noch mit den Angaben. Geradezu verblüffend ist die Kühnheit, mit der noch die Hundertel der Schwingungszahlen angegeben sind.

Genau dasselbe Resultat ergab sich bei einem Hörprüfungsapparat nach Kessel, der auch schon von Melde untersucht wurde. Auch hier stimmen Melde und Zickgraf gut überein. Schon bei c_6 (angeblich 10000, wirklich 6130 Schwing-

ungen) zeigen sich Fehler von nahezu 4000. Bei Gis8 (angeblich 50000, in Wirklichkeit nach Melde 13157, nach Zickgraf 12777) erreichen die Fehler die Höhe von 37000 Schwingungen.

Schließlich wurden noch Melde'sche Stimmplatten untersucht. Die Resultate Zickgrafs seien mit denen Meldes zusammengestellt.[1])

Platte	Melde	Zickgraf
A	14476	14337
X	16028	15700
Y	17298	17054
E	17999	17509
Z	19813	19279
C	20903	20334
F	23423	22804
G	26731	25621

Man sieht, daß hier genügende Uebereinstimmung vorherrscht und daß sowohl die Methoden wie auch die Stimmplatten brauchbar sind.

Ueber die Appunn'schen Stimmgabeln und Pfeifchen dürften die Akten wohl nun geschlossen sein. Gegenüber diesem erdrückenden Beweismaterial, das durch fünf Beobachter und eine große Zahl gänzlich von einander verschiedener Methoden mit glänzender Uebereinstimmung geliefert ist, läßt sich wohl kaum noch die von Appunn bisher stets betonte Berufung auf sein untrügliches Gehör festhalten. Es ist in hohem Grade bedauerlich, daß die Fabrikate dieser Firma, die bisher mit so großem Vertrauen entgegen genommen wurden, sich, wenigstens was höhere Töne anlangt, so durchaus unzuverlässig gezeigt haben. Es werden dadurch nicht nur die Fabrikate selbst, sondern auch viele mit den Gabelserien und Pfeifchen unter der Voraussetzung, daß letztere richtig seien, angestellte wissenschaftliche Untersuchungen leider völlig werthlos.

Sodann kommt eine Arbeit von Melde[2]) in Betracht, welche zwar nicht unmittelbar auf dem Streit Bezug nimmt, sondern die sich mit den Stimmplatten beschäftigt. Sie giebt in etwas veränderter Form dasselbe, wie eine schon besprochene Arbeit dieses

1) Vgl. d. Jahrb. Bd. 34. S. 123. 1898.
2) Wied. Anm. Bd. 66. S. 767. 1898.

Herrn.[1]) Es sei auf diese Besprechung verwiesen und nur noch bemerkt, daß Melde den kreisförmigen Platten den Vorzug gibt. Außerdem ist es Melde gelungen, die Platte B, welche auf dem Resonanzstabe keine Knotenlinien mehr ergab, durch Papiermembranen zu prüfen; es gelang dies auch wenigstens qualitativ. Die Platte macht ungefähr 30000 Schwingungen.

Wärmelehre.

Ueber die Differenz des Spannungs- und Ausdehnungscoefficienten der Luft hat Hoffmann[2]) Untersuchungen angestellt, die auch wegen der verschiedenen Aenderungen interessant sind, die er an seinem Luftthermometer angebracht hat. Zunächst ist das Thermometergefäß mit einem doppelt durchbohrtem Hahn versehen. Sodann ist der sonst offene Schenkel des Luftthermometers durch ein geschlossenes Barometerrohr ersetzt. Auch dieses ist an seinem unteren Ende durch einen Dreiwegehahn verschließbar und der Verschluß oben ist ebenfalls durch einen Hahn hergestellt. Von dem Dreiwegehahn führt ein zweiter Gummischlauch — der erste verbindet Barometer mit Luftthermometer — nach einem offenen Quecksilbergefäß. Das Barometer, das zunächst leer ist, trägt oben ein möglichst viel Volum fassendes Gefäß. Es wird der Dreiwegehahn so gestellt, daß das Luftthermometer ausgeschaltet ist und nur Verbindung zwischen Barometer und Quecksilbergefäß besteht. Der obere Hahn des Barometers ist offen. Nun wird das Quecksilbergefäß so hoch gehoben, daß das Quecksilber im Barometer über den Hahn zu stehen kommt, letzterer wird geschlossen und das Quecksilbergefäß wird wieder gesenkt. Dabei fällt das Quecksilber bis zum untern Ende des großen Volums am obern Ende des Barometerrohrs. Durch Oeffnung des Hahns am Luftthermometergefäß stellt man auch hier Verbindung mit dem Barometerrohr her und schaltet gleichzeitig das offene Quecksilbergefäß durch Umstellen des Dreiwegehahns aus. Die Quecksilberkuppen werden durch Spitzen aus dunklem Glas und ihr Spiegelbild eingestellt, indem man ein Fernrohr gerade auf die Mitte zwischen beiden richtet. Die ganze Methode befreit die Beobachtungen von den Schwankungen des Luftdrucks. Um gleichzeitig Druckcoefficient

1) S. d. Jahrb. Bd. 34. S. 121. 1898.
2) Wied. Ann. Bd. 66. S. 224. 1898.

und Ausdehnungscoefficient bestimmen zu können, ist zwischen dem Luftthermometergefäß noch ein Gefäß V_1 angebracht, welches ungefähr ein Viertel des Volums des Luftthermometergefäßes einnimmt. Oberhalb und unterhalb desselben befinden sich dunkle Glasspitzen als Einstellmarken. Es wird nun das Luftthermometergefäß V in Dampf, V_1 in Eis gebracht, und auf die unter V_1 befindliche Marke eingestellt, sodann wird auf die oberhalb V_1 angebrachte Marke eingestellt, endlich wird sowohl V als auch V_1 in Eis gebracht und wieder auf die untere Marke eingestellt. Auf diese Weise läßt sich der Ausdehnungscoefficient und der Spannungscoefficient berechnen und deren Unterschied feststellen. Zum Zweck der Einstellung läßt sich das Barometerrohr sowohl in Schlittenführung als auch durch eine Mikrometerschraube in verticaler Richtung verschieben. Die Untersuchungen sind nur vorläufige und stimmen sehr wenig. Es ergab sich als Differenz des Ausdehnungscoefficienten und des Spannungscoefficienten im Mittel

0·00000123.

Mit der Leidenfrost'schen Erscheinung beschäftigt sich Stark.[1]) Er sucht den Satz: „der Leidenfrost'sche Tropfen ist von seiner Unterlage durch eine Schicht seines eigenen Dampfes getrennt, führt aber gegen diese Dampfschicht mehr oder minder große Oscillationen aus, die sich unter Umständen bis unmittelbar an die Unterlage erstrecken" experimentell zu beweisen. Auf eine erhitzte Messing- oder Silberplatte bringt er einen Tropfen Wasser, Chlorzink oder Kupfersulfatlösung. Ein Telephon ist einestheils mit dem Tropfen, anderntheils mit einer Batterie und der Platte verbunden. Oscillirte der Tropfen parallel der Platte hin und her oder traten die sternförmigen Figuren in ihm auf, so gab das Telephon ein Geräusch. Je heißer die Platte war, um so schwächer war das Geräusch. Lag der Tropfen bei sehr starker Erhitzung ruhig, so war das Telephon stumm. Wenn aber die Flamme weggenommen wurde, so war, selbst wenn der Tropfen ruhig war, zu Anfang ein Zischen, dann ein lautes Knattern, schließlich ein Ton, der mit lautem Knack endete, zu hören. Diese Erscheinungen traten auf, wenn Wasser verwendet wurde, Chlorzink und Kupfervitriol gaben stets einen Ton.

1) Wied. Ann. Bd. 65. S. 306. 1898.

Demnach findet in der Nähe des Benetzpunktes vorübergehende Berührung statt.

Eine weitere Betrachtung, welche der Oberflächenspannung einen Antheil an der Verhinderung des Siedens der Tropfen zuschreibt, möge hier übergangen werden.

Das Verfahren von de Sénarmont verwendet Voigt[1]) zur Bestimmung der Wärmeleitungsfähigkeit. Es besteht darin, daß man den zu untersuchenden Körper mit einem leichtschmelzenden Ueberzuge versieht, auf dem sich dann Schmelzcurven bilden. Voigt benutzt Elaidinsäure (Schmelzpunkt 45° C). Um zwei Körper zu untersuchen, und ihre relativen Leitfähigkeiten zu finden, gibt er ihnen die Gestalt rechteckiger Platten. Die Untersuchungen erstrecken sich auf Krystalle. Er schneidet die Platten so, daß sie die durch eine Rechtecksdiagonale begrenzte Hälfte eines Rechtecks bilden und kittet sie längs der Diagonale zusammen. Das Seitenverhältniß war dem Verhältniß der durch Vorversuche ungefähr bestimmten Leitfähigkeiten gleich gewählt. Diese Platte wird dann entweder mit der kürzeren Seite der besser, oder mit der längeren der schlechter leitenden Hälfte an einen auf 70 bis 90° C erwärmten amalgamirten Kupferklotz angelegt. Es entstehen dann Schmelzcurven, die an der Diagonale des Rechtecks, wo die beiden Platten zusammenstoßen, einen Knick besitzen. Die Curven bilden sich dadurch, daß die geschmolzene Elaidinsäure sehr schön wieder krystallisirt, wenn sie erstarrt. Aus dem Winkel, den die Schmelzcurven bei dem Knick bilden, läßt sich die relative Leitfähigkeit leicht berechnen. Die Methode liefert recht genaue Resultate und ist leicht ausführbar.

Daß man erhitzte Hohlräume als absolut schwarze Körper ansehen kann, ist eine längst bekannte und auch in diesem Jahrbuch schon erwähnte Thatsache.[2]). Ferner ist von Lummer und Pringsheim[3]) nachgewiesen, daß das Stefan'sche Gesetz, wonach die von der Flächeneinheit eines Körpers in der Secunde ausgestrahlte Wärmemenge

$$Q = \sigma\,(T_1^4 - T_2^4)$$

1) Wied. Ann. Bd. 64. S. 95. 1898.

2) S. d. Jahrb. Bd. 34. S. 152. 1898.

3) An der angeführten Stelle ist irrthümlich Kurlbaum statt Pringsheim genannt.

ist, wobei σ eine dem Körper eigenthümliche Constante, T_1 die absolute Temperatur des strahlenden Körpers und T_2 die der Umgebung bedeutet, zwischen 100° und ca 1300° richtig ist. Jetzt bestimmt Kurlbaum[1]) den absoluten Werth der Strahlung eines absolut schwarzen Körpers. Seine Methode war die, daß er mit der Brückenmethode den Widerstand des bestrahlten Körpers maaß und sodann nach Entfernung der Strahlungsquelle den Widerstand durch die Stromstärke bis auf den gleichen Betrag steigerte. Die im zweiten Fall durch den Strom erzeugte Wärmemenge mußte den Betrag der ausgestrahlten darstellen. Statt eines Bolometers benutzte Kurlbaum zwei, welche so hintereinander aufgestellt waren, daß die Streifen des zweiten gerade die Zwischenräume des ersten verdeckten. Es wurde dadurch eine genauere Messung der Bolometerfläche ermöglicht. Als Strahlungsquelle wurden zwei Messingcylinder mit trichterförmigem Boden benutzt. Der eine war geschwärzt, der andere blank. Beide saßen in einem Kasten aus Messingblech, durch den ein Dampfstrom geleitet wurde. Eine Stelle der Außenwand des Kastens ist ebenfalls geschwärzt. Endlich können die Strahlungsgefäße auch auf die Temperatur des schmelzenden Eises gebracht werden. Vor der Oeffnung des erhitzten Hohlraumes befindet sich ein Diaphragma von 1 cm Radius. Es ist verschließbar durch eine Fallklappe, durch welche Wasser in starkem Strome fließt. Dadurch wird auch verhindert, daß das Diaphragma selbst erwärmt wird und strahlt. Man kann dann das Diaphragma als den Ort der Strahlungsquelle ansehen, es wirkt so, als wäre es mit der Masse des strahlenden Körpers belegt.

Zunächst wurde das relative Strahlungsvermögen verschiedener Körper gegen die Strahlung des geschwärzten Hohlcylinders gleich 100 ermittelt.

Es ergab sich:

Die Emission			
der blanken Messingwand	des blanken Hohlcylinders	der geschwärzten Messingwand	des geschwärzten Hohlcylinders
8·9	46·9	80·6	100

1) Wied. Ann. Bd. 65. S. 746. 1898.

Die Bolometertemperatur war dabei 16^6. Es läßt sich aus diesen Daten berechnen, daß die Strahlung des geschwärzten Hohlcylinders dem idealen bis auf etwa 1% nahe kommt.

Um nun die Strahlung von 100° gegen 0° zu ermitteln, hätte das Bolometer auf 0° gebracht werden müssen. Da dies nicht anging, ließ man das Bolometer gegen die Hohlcylinder strahlen, während diese mit schmelzendem Eis umgeben waren und addirte diesen Werth zu der Strahlung der Hohlcylinder gegen das Bolometer hinzu. Auf diese Weise erhielt Kurlbaum, nachdem er nochmals die Giltigkeit des Stefan'schen Gesetzes geprüft hatte, folgenden Schlußwerth:

$$S_{100} - S_0 = 0{\cdot}01763 \, \frac{\text{g-Cal.}}{\text{cm}^2 \text{ sec}}$$

Eine Untersuchung der Fehlerquellen folgt. Der einzige Fehler, dessen Größe noch zu controlliren ist, ist in der Beschaffenheit des Bolometers gegeben; dieses ist mit Platinmoor überzogen, und es muß noch untersucht werden, ob das Platinmoor dem absolut schwarzen Körper nahe kommt. Innerhalb des sichtbaren Spectrums ist es der Fall, aber im unsichtbaren Spectrum fehlen noch alle Messungen.

Die Arbeit stammt aus der physikalisch-technischen Reichsanstalt.

Die specifische Wärme einiger Metalle bei tiefen Temperaturen hat Behn[1]) untersucht. Die betreffenden Metalle wurden in Bäder aus einer Mischung von fester Kohlensäure mit absolutem Alkohol und aus flüssiger Luft getaucht. Im übrigen wurde nach der Mischungsmethode beobachtet. Es bildete sich zwar beim Einwerfen sofort eine Eiskruste um den Körper, jedoch schmolz diese so rasch wieder, daß das Thermometer nach ungefähr 1 Minute seine Endstellung erreicht hatte. Die Temperatur der Bäder wurde mit einem Thermoelement aus Constantan-Eisen gemessen. Das zu untersuchende Metall wurde nicht direct in die Mischung aus Kohlensäure-Alkohol oder flüssige Luft gebracht, sondern in ein Probierröhrchen gesteckt, welches sodann zugestöpselt wurde. Es blieb dann mindestens 90 Min. im Bade. Besondere Versuche, die Temperatur im Innern der Metallcylinder durch Thermoelemente zu messen, zeigten, daß diese Zeit genügte. Die Ver-

1) Wied. Ann. Bd. 66. S. 237. 1898.

meidung aller Fehlerquellen gelang nicht, es wurden daher noch eine Anzahl Correcturen angebracht. So ergaben sich die nachstehenden Resultate.

Mittlere specifische Wärmen:

	+100° bis +18°	+18° bis −79°	−79° bis −186°
Pb	0·0310	0·0300	0·0291
Pt	0·0324	0·0311	0·0277
Ir	0·0323	0·0303	0·0263
Pd	0·059	0·0567	0·0491
Cu	0·094	0·0883	0·0716
Ni	0·109	0·0983	0·0743
Fe	0·113	0·0999	0·0721
Al	0·22	0·195	0·153

Mittlere Atomwärmen:

	Atomgewicht	Atomwärmen		
		100° bis 18°	18° bis −79°	−79° bis −186°
Pb	207	6·4	6·2	6·0
Pt	196	6·3	6·1	5·4
Ir	193	6·2	5·8	5·1
Pd	106	6·3	6·0	5·2
Cu	63.4	6·0	5·6	4·5
Ni	58·6	6·4	5·8	4·3
Fe	56·0	6·3	5·6	4·0
Al	27·2	6·6	5·3	4·2

Die specifischen Wärmen nehmen also ab und zwar am stärksten bei den Metallen mit großer specifischer Wärme, wie man aus der Tabelle der Atomwärmen besonders deutlich sieht.

Optik.

Lord Rayleigh hat eine Methode angegeben das Brechungsvermögen der Gase zu bestimmen.[1]) Die durch zwei Spalte entstehenden Beugungsstreifen werden verschoben, wenn durch irgend eine Ursache ein Theil des Lichts gegen den andern verzögert wird. Auf diese Weise kann man das Brechungsvermögen zweier Gase gegeneinander vergleichen und es wurde so das

1) Proc. Roy. Soc. Bd. 59. S. 198. 1896. S. auch dies. Jahrb. Bd. 33. S. 265. 1897.

Brechungsvermögen von Argon und Helium gegen Luft ermittelt. Jetzt haben Ramsay und Travers[1]) auch andere Gase mit dem Verfahren untersucht. Sie fanden:

	Direct gefunden	Gefunden durch Sauerstoff	Stickstoff	Wasserstoff	Argon
Wasserstoff . .	0·4733	0·4737	0·4727	—	—
Sauerstoff . .	0·9243	—	0·9247	0·9237	0·9261
Stickstoff . . .	1·0163	1·0155	—	1·0170	1·0191
Argon	0·9596	0·9577	0·9577	—	—
Kohlensäure .	—	1·5316	—	—	—

Der Hydrophan ist ein weißlich trüber Körper, der sogar in dünnen Schichten sehr wenig durchsichtig ist. Legt man ihn aber in Flüssigkeiten, so saugt er diese ein, und wird dabei vollkommen hell und durchsichtig. Die Erscheinung ist zuerst von Reusch beobachtet worden, der das Brechungsvermögen des trockenen Hydrophans zu 1·368, des mit Wasser getränkten zu 1·443 und des mit Alkohol getränkten zu 1·451 bestimmte. Jetzt hat Stscheglayew[2]) die Untersuchungen wiederholt. Er benutzte ein Prisma I von 31° 41′ brechendem Winkel und das von Reusch benutzte mit 42° 35′ brechendem Winkel (Prisma II). Es ergab sich zunächst, daß bei manchen Flüssigkeiten das Brechungsvermögen des mit Flüssigkeit getränkten Hydrophans größer als das der Flüssigkeit, bei andern aber kleiner ist. Das erste ist der Fall bei schwach brechenden Flüssigkeiten, das andere bei stark brechenden. Es muß also eine Flüssigkeit herstellbar sein, deren Brechungsvermögen gleich der des mit Flüssigkeit getränkten Hydrophans ist. Diese Flüssigkeit stellte Stscheglayew in der That her durch Mischung von 29 % Toluol mit 71 % Alkohol (Brechungsvermögen 1·46). Außerdem sind bloß die optischen Eigenschaften der Flüssigkeiten von Einfluß und zwei Gemische verschiedener Flüssigkeiten wirken gleich, wenn ihre Brechungsindices gleich sind.

Hieraus schließt Stscheglayew, daß Hydrophan mit den Flüssigkeiten in dermaaßen enge Berührung kommt, daß die op-

1) Proc. Roy. Soc. Bd. 62. S. 225. 1898.
2) Wied. Ann. Bd. 64. S. 325. 1898.

tischen Eigenschaften beider sich superponiren, wie im Falle der Mischung zweier Flüssigkeiten oder der Lösung eines festen Körpers und einer Flüssigkeit. Das Spaltbild erscheint stets ganz deutlich und scharf begrenzt, ohne daß Beugungsstreifen auftreten. Der wahre Brechungsexponent des Hydrophons ist demnach „der, welchen die Flüssigkeit hat, deren Brechungsexponent dem des mit ihr getränkten Hydrophans gleich ist". Demnach wäre trockner Hydrophan eine Mischung von Hydrophan und Luft. Es kann sonach die von Landolt aufgestellte Formel

$$(n_H - 1)\, h + (n_F - 1)\, f = (N - 1)\,(h + f)$$

angewendet werden, in welcher n_H den Brechungsexponenten des trocknen Hydrophans, n_F den der Flüssigkeit, N den des getränkten Hydrophans, h und f die Volume des trockenen Hydrophans und der eingesaugten Flüssigkeit bedeuten. Trägt man die Werthe $n_F - 1 = x$ als Abscissen und $N - 1 = y$ als Ordinaten auf, so ergibt sich eine Gerade deren Gleichung

$$y = b + ax$$

ist. In dieser Gleichung stellt $b = (n_H - 1)\,\frac{h}{h+f}$ den Brechungsexponent des trockenen Hydrophans in der Luft dar $(f = 0)$, $a = \frac{f}{h+f}$ ist das Verhältniß des vom Hydrophan eingesaugten Flüssigkeitsvolums zum Gesammtvolum. Beide Werthe wurden sowohl berechnet, als auch gemessen. Die Uebereinstimmung war eine gute und auch die von Reusch gefundenen Werthe zeigten nur unbedeutende Abweichungen.

Um Natriumlicht zu erzeugen schlägt Pulfrich[1]) ein einfaches Verfahren vor. Eine Scheibe aus Asbestpappe wird mit einem Loch versehen, welches über einen Bunsenbrenner gebracht wird, dessen Flammenkegel gerade in die Oeffnung paßt. Bestreicht man die Ränder des Lochs mit einem Natriumsalz (Bromnatrium eignet sich besonders gut) so erhält man eine intensive und lange anhaltende Natriumflamme. Auch andere Salze kann man zur Flammenfärbung auf diese Weise verwenden, und mit Hülfe einer drehbaren Scheibe mit meheren Löchern rasch hintereinander die verschiedensten Färbungen hervorrufen. Auch für die Umkehr der Natriumlinie eignet sich die Vorrichtung, wenn man einen zweiten

1) Ztschr. f. Instrumentenkunde Bd. 18. S. 52. 1898.

kleineren Brenner, dessen Flamme man durch ein Blech, das man hineinhält, kühlt, vor einer großen sehr heißen aufstellt.

Ueber den großen Streit der aus Anlaß der verschiedenen Verfahren, um farbig zu photographiren, entstanden ist, findet sich ein ausführlicher Bericht in diesem Jahrbuch.[1]) Es ergab sich hierbei die Richtigkeit der Zenker'schen Annahme, daß die Farben durch dünne Schichten, welche in Folge stehender Lichtwellen entstehen, hervorgerufen werden, mit Sicherheit für das Becquerel'sche Verfahren, während für das Seebeck'sche und Poitevin'sche Verfahren chemische Einflüsse maaßgebend waren. Jetzt hat Neuhauß[2]) bei den Lippmann'schen Verfahren auch dünne Blättchen also stehende Lichtwellen nachgewiesen.

Eine Glasplatte wurde mit Collodium und nach dem Trocknen mit Silbereiweiß überzogen. Sie wurde in einer Quecksilbercassette durch einen Spectrographen belichtet, mit Pyrogallus-Ammoniumcarbonat entwickelt, fixirt und getrocknet. Die Schicht zeigte sehr schöne Spectralfarben und ließ sich leicht vom Glase abziehen. Aus der rothen Zone wurden 100 sehr feine Mikrotomschnitte gefertigt und mikroskopisch untersucht. Das Collodiumhäutchen war dabei in Paraffin gebettet. Die so hergestellten Präparate zeigten bei günstiger Beleuchtung und richtiger Wahl der Vergrößerung ganz deutliche Streifen. Schon dem Auge zeigen sich die Streifen, obwohl schwach, weil blaues Licht verwendet werden mußte, welches dunkle Gesichtsfelder hervorruft. Aber bei mikrophotographischen Aufnahmen und viertausendfacher linearer Vergrößerung erschienen die Streifen in voller Deutlichkeit. Es wurden 6 bis 8 Streifen sichtbar. Die Streifen entstehen da, wo die Schicht am Quecksilber angelegen hat und hellen sich nach der Glasseite mehr und mehr auf, um schließlich ganz und gar zu verschwinden und in eine glasklare Schicht überzugehen. Die Streifen sind nicht gerade sondern gewellt, weil die Oberfläche der Schicht infolge von Schrumpfungen beim Trocknen nicht eben sondern gekrümmt ist und das Quecksilber sich diesen Krümmungen anpaßt. Neuhauß scheint übrigens die Wiener'schen Arbeiten insofern zu unterschätzeu als er den wesentlichen Unterschied, daß bei den Verfahren von Seebeck und Poitevin direct Körperfarben

1) S. d. Jahrb. Bd. 32. S. 125. 1896.
2) Wied. Ann. Bd. 65. S. 164. 1898.

(Absorptionsfarben) entstehen, nicht genügend würdigt. Wenn er in einer Anmerkung bemerkt, es sei eine Sache für sich, daß „mitunter“ auch Körperfarben entstünden, so ist die strenge Scheidung der drei Verfahren in zwei physikalisch ganz verschiedene Gruppen, die nach Wieners Untersuchungen über allen Zweifel erhaben ist, insofern verwischt, als der Zenker'schen Erklärung nicht genau genug die engen Grenzen zugewiesen werden, die für sie bestehen, sondern ihr in dem Aufsatze eine allgemeinere Bedeutung zugewiesen wird, als ihr gebührt. Thatsächlich ist sie nur richtig für das Verfahren von Becquerel und von Lippmann. Für beide Verfahren hat aber Wiener die stehenden Wellen mit Sicherheit bereits nachgewiesen. Daß aber die Erklärung Zenkers für die „Farben bei farbigen photographischen Aufnahmen“ richtig wäre, kann in dieser Allgemeinheit keineswegs ausgesprochen werden, zumal wenn, wie bei Neuhauß alle drei Verfahren ohne die oben angedeutete Zweitheilung als gleichartig neben einander gestellt werden.

Ueber Johanniskäferlicht haben Muraoka und Kasuya[1]) neue Untersuchungen angestellt.[2]) Polarisation und Brechung lassen sich nicht mit Sicherheit nachweisen. Das Spectrum des Lichts reicht von B bis etwas jenseits von F. Im Uebrigen tauchten Zweifel auf, ob die photographische Wirkung allein vom Licht der Johanniskäfer herrührt. Stokes hat nämlich in einem Privatbrief Muraoka darauf aufmerksam gemacht, daß vielleicht elektrische Entladungen von Einfluß sein könnten, da es unwahrscheinlich ist, daß die Strahlen durch Kupferplatten von auch nur geringer Dicke hindurchgehen. Sie können aber vielleicht die Kupferplatte auf ein gewisses Potential laden und die Elektricität könne dann längs des Cartonpapiers hinkriechen und auf die Platte wirken. Er schlug daher vor, entweder die Kupferplatte mit der Erde zu verbinden, oder ein Glimmerblatt auf die photographische Platte zu legen, und nachzusehen, ob dadurch etwa die photographische Einwirkung verhindert wird. Dieser Vorschlag wurde ausgeführt. Er führte zu einem Resultat bei Anwendung des Glimmerblatts, nicht aber bei Ableitung der Kupferplatte zur Erde. Muraoka und Kasuya kamen vielmehr auf den Ge-

1) Wied. Ann. Bd. 64. S. 186. 1898.
2) S. d. Jahrb. Bd. 33. S. 196. 1897.

danken, daß hier Verdampfungen eintreten könnten. Die Johanniskäfer wirkten nämlich viel stärker, als sie mit Wasser besprengt wurden. Es wirkte schließlich das Cartonpapier allein ohne die Käfer, als das schwarze Packpapier angefeuchtet war. Reiner Wasserdampf wirkte nicht, wenn man aber Cartonpapierschnitzel in Wasser wirft, dieses in eine Porzellantasse füllt und die Platte darüber legt, so wird die Platte im Umkreis der Tassenöffnung geschwärzt. Pellat[1]) und Colson[2]) haben früher schon gezeigt, daß manche Metalle, besonders blankgeschabtes Zink auf die Platte schwärzend wirkt. Muraoka und Kasuya fanden ebenso eine schwärzende Wirkung von Harz, Kaffee, Zimmt, Nelke, Bisam, Campher, Thee, rothem Pfeffer, Reiskleie, Leim, Xanthoxylon pipritum, Sandelholz, Reis. Die Wirkung von Harz und Kaffee ist stärker als die des Zinks. Ebenso wirken Terpentinöl, Quecksilber, Alkohol sehr stark. Bei Terpentinöl findet directe Auflösung der Masse statt. Auch Holz wirkt direct, es erschienen die Fasern dunkel; legte man aber eine Glimmerplatte dazwischen, so erschienen die Fasern hell. Es sind also die Erscheinungeu nicht bloß den Käferstrahlen zuzuschreiben, deren Wirkung allerdings immer noch bestehen bleibt, sondern auch der Wirkung der entstehenden Dämpfe. Auch die Versuche von Pellat und Colson wurden mit Erfolg wiederholt. Glimmer oder Glas hebt die Wirkung sofort auf. Eine sehr merkwürdige Erscheinung wurde bei Cadmiumoxyd beobachtet. In eine dicke Cartonscheibe A wurde ein kleines, in eine andere B ein großes Quadrat geschnitten. A wurde auf eine Glasplatte gelegt, der Ausschnitt mit Cadmiumoxyd gefüllt, darauf wurde B gelegt und darauf die Platte. Man erwartete eine Schwärzung von der Größe des Quadrats in B. Die Schwärzung hatte aber nur die Größe des Quadrats in A. Legt man zwischen A und B (Abstand 1 cm) einen Kupferstab, der weder A noch B berührt, so bekommt man über diesem keine Schwärzung.

Elektricität.

Die verschiedenen Bestimmungen der vom Pariser Elektrikercongreß im Jahre 1881 eingeführten Widerstandseinheit, des Ohms, sind bekanntlich fehlerhaft, vor allen Dingen des-

1) Beibl. zu Wied. Ann. Bd. 20. S. 768. 1896.
2) Ebendas. S. 980.

halb, weil der Temperaturcoefficient des Leitungswiderstands des Quecksilbers nicht genau genug bekannt war. Nach den Untersuchungen von Dorn liegt der Werth des Ohm zwischen den Grenzen

$$106{\cdot}274 \pm 0{\cdot}023 \text{ cm und } 106{\cdot}289 \pm 0{\cdot}024 \text{ cm}$$

als Länge des Quecksilberfadens von 1 qmm Querschnitt, welcher den Widerstand von 1 Ohm besitzen soll. Da die ursprünglich festgesetzte Länge genau 106 cm betragen sollte, so schlug die physikalisch-technische Reichsanstalt vor, als endgültige Länge 106·3 cm zu definiren, wenn die Masse des verwendeten Quecksilbers 14·452 g ist. Der internationale Elektrikercongreß in Chicago im Jahre 1893 nahm diesen Antrag an und definirte

das Ohm als den elektrischen Widerstand einer Quecksilbersäule von der Temperatur des schmelzenden Eises, deren Länge bei durchweg gleichem Querschnitt 106·3 cm und deren Masse 14·4521 g beträgt, was einen Quadratmillimeter Querschnitt gleichgeachtet werden darf.

Es war nun Aufgabe der physikalisch-technischen Reichsanstalt, die Quecksilbernormale zum Zweck der gesetzlichen Festlegung der Widerstandseinheit für das Deutsche Reich festzustellen. Die ersten beiden Quecksilbernormalen waren Anfang 1895 fertig gestellt.[1]) Seitdem sind noch drei neue Quecksilbernormalen und eine Anzahl Quecksilbercopien sowie Copien aus Manganindraht hergestellt worden, sodaß die Messungen jetzt als abgeschlossen gelten können und die Grundlage feststehen dürfte. Eine vorläufige Mittheilung über diese wichtigen Untersuchungen liegt vor.[2]) Die Messungen sind von Jäger und Kahle ausgeführt.

Die fünf Rohre wurden zunächst genau calibrirt, die Einzelheiten dieser sehr sorgfältig ausgeführten Messungen mögen hier übergangen werden. Sodann wurde die Länge der Rohre bei 0° gemessen. Endlich wurden die Rohrinhalte ausgewogen. Zu diesem Zweck wurden die Rohre sorgfältigst gereinigt. Zunächst wurde alles Fett mit Benzin und absolutem Alkohol entfernt, mit destillirtem Wasser nachgespült, sodann wurden die Rohre mit Königswasser, destillirtem Wasser, Uebermangansäure und noch-

1) Wissensch. Abhandl. der physikalisch-technischen Reichsanstalt Bd. 2. S. 379—500. 1895.

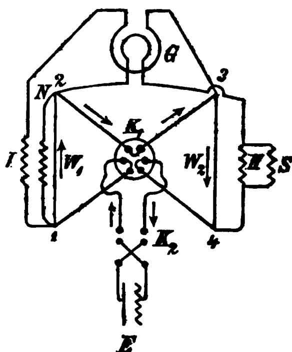
2) Wied. Ann. Bd. 64. S. 456. 1898. Die Publication der Reichsanstalt ist noch nicht erschienen.

mals mit destillirtem Wasser ausgewaschen. Schließlich wurde mit trockner Luft getrocknet. Die Rohre waren dann so rein, daß die Wasserhaut ohne alle Tropfenbildung allmählich verschwand. Die Füllung mit Quecksilber, die nun folgte, geschah im Vacuum. Zu diesem Zwecke konnte das untere Ende des senkrecht stehenden Rohres durch eine im Kugelgelenk bewegliche ebene Glasplatte verschlossen werden, welche auf einer Schraube saß, deren sechseckiger Kopf in einen Steckschlüssel paßte, welcher auf dem Boden eines Glascylinders festgekittet ist. Der luftdichte Verschluß wird dadurch bewirkt, daß man durch Drehen des Glascylinders die Glasplatte andrückt und dann den Cylinder mit trockenen Quecksilber füllt. An dem oberen Ende des Rohrs ist ein stählernes Schraubstück luftdicht befestigt, auf welches ein zu einer Capillare ausgezogenes Glasrohr luftdicht aufgeschraubt ist. Der luftdichte Verschluß wird durch Klebwachs besorgt. Gefettete Hähne und Kautschuck sind vermieden. Die Capillare führt zur Pumpe. Man pumpt aus, läßt das Rohr eine Zeit lang mit der Pumpe in Verbindung und löst dann durch Drehen des Glascylinders die Schraube am untern Ende des Rohrs, sodaß Quecksilber bis zur Barometerhöhe eintritt. Ist das Rohr länger als eine Barometerhöhe, so schmilzt man die Verbindung mit der Pumpe ab, neigt das Rohr und verschließt es unten wieder. Jetzt wird alles anhängende Quecksilber beseitigt und das Rohr senkrecht in eine mit Alkohol gefüllte Glasröhre gestellt, welche man vollständig in Eis einpackt. Nach mehreren Stunden Stehens wird die aufgeschraubte, zur Verbindung mit der Pumpe dienende Röhre abgenommen, und die aus dem Rohr herausragende Quecksilberkuppe durch Aufdrücken einer in cardanischer Aufhängung montirten Glasplatte beseitigt. In diese Platte war eine feine Rinne bis zur Mitte eingeätzt, weil sonst die capillaren Kräfte einen Druck auf das Quecksilber hätten ausüben können. Die Platte wurde so stark aufgedrückt, daß zwischen ihr und dem oberen Ende der Röhre Newton'sche Ringe entstanden. Dann wurde das Quecksilber abgelassen und gewogen. Die Rohrenden waren natürlich abgeschliffen. Die wahrscheinlichen Fehler einer Füllung liegen zwischen sechs und zehn Millionsteln, die des Resultats zwischen zwei und vier Millionsteln des Werths. Die beiden alten Röhren Nr. XI und XIV wurden je zehn Male, die drei neuen Nr. 106, 114, 131 je fünf- oder sechsmal ausgewogen.

Zum Widerstand des Rohres ist der sogenannte Ausbreitungswiderstand zu addiren, welcher dadurch hervorgerufen wird, daß das Rohr an ein weiteres mit Quecksilber gefülltes Gefäß angesetzt werden muß, der Strom an dieser Stelle also aus weitem in engeren Querschnitt tritt. Dieser letztere, sowie der Widerstand des Rohrs wurden zunächst berechnet.

Die Messungen des Widerstands werden stets bei 0° ausgeführt. Die Temperatur des Quecksilbers muß bis auf 0·01° bekannt sein. Zu den Zuleitungen sind der Wärmezuleitung von außen wegen nur dünne Drähte zu verwenden. Um die Widerstände dieser Zuleitungen zu eliminiren, ist die Methode mit übergreifenden Nebenschluß von Kohlrausch benutzt worden. Es machte sich also die Verwendung eines Differentialgalvanometers nöthig. Das Schaltungsschema gibt Figur 4. Der von E kommende Strom durchläuft die beiden zu vergleichenden Widerstände W_1 und W_2. G ist das Differentialgalvanometer. Es bleibt in Ruhe, wenn der Widerstand seiner beiden Rollen, sowie die Widerstände W_1 und W_2 gleich groß sind. Durch Umlegen von K_1 werden W_1 und W_2 gegen die Galvanometerkreise vertauscht und gleichzeitig wird die Stromrichtung in ihnen umgekehrt. K_2 kehrt den Hauptstrom um. Der Nebenschluß N dient zur Abgleichung der beiden Widerstände W_1 und W_2, I und II sind Ballastwiderstände in den Galvanometerzweigen. Der Nebenschluß S stellt die Gleichheit der Widerstände dieser beiden Zweige her. Sind die Galvanometerzweige gleich, so sind die Ausschläge des Galvanometers beim Umlegen von K_1 nach beiden Seiten gleich groß. Ist aber $W_1 = W_2$ und sind die Galvanometerzweige verschieden, so geht beim Umlegen von K_1 die Nadel nach derselben Seite gleichweit. W_1 und W_2 werden hintereinander durchlaufen.

Fig. 4.



Zunächst wurden ältere aus dem Jahre 1892 stammende Drahtwiderstände mit einander verglichen.

Die Quecksilberrohre wurden in kugelförmige Endgefäße von etwa 3 cm Durchmesser mit Hülfe der schon oben erwähnten Schraubstücke luftdicht eingesetzt. Die Gefäße konnten ausgepumpt werden. Die Füllung geschah im Vacuum. Nach der Füllung wurde das Rohr in ein Petroleumbad, welches sich in einem Kupferkasten befand, gebracht und dieser Kasten durch einen Deckel geschlossen. Er wurde sodann in einen Holzkasten gestellt, der mit Eis gefüllt war. Zuleitungen, Thermometer, Röhren waren durch den Deckel hindurch in Glasröhren geführt. Das Ganze war in Filz eingeschlossen. Das Petroleumbad war bei den meisten Messungen nur einige Tausendel Grad über Null. Der Ausbreitungswiderstand wurde durch besondere Versuche ermittelt.

Schließlich wurden die Drahtwiderstände mit den Quecksilberrohren verglichen.

Das Gesammtergebniß ist:

Mittel aus sämmtlichen Rohren $M_s = 1{\cdot}004580$ legale Ohm
" " den alten Rohren allein $M_a = 1{\cdot}004582_5$ " "
(XI und XIV)
" " den neuen Rohren allein $M_n = 1{\cdot}004579$ " "
(106, 114, 131)

Der mittlere Fehler der Einzelwerthe für **M** beträgt $\pm 16.10^{-6}$, der des Gesammtmittels $\pm 7.10^{-6}$.

Eine Vergleichung der Bestimmungen der Drahtwiderstände aus den Jahren 1892, 1895 und 1897 ergab eine vorzügliche Uebereinstimmung. Die Aenderungen in dieser Zeit betrugen nur Hundertausendel.

Der Inductionsapparat. — Es ist im letzten Bande dieses Jahrbuchs [1]) über einige Untersuchungen an Inductorien berichtet worden. Da die Wichtigkeit der Sache und die Schwierigkeit der Untersuchungen die Frage zu einer sehr interessanten macht, so liegen jetzt eine Reihe von Arbeiten über dieses Thema vor.

A. Oberbeck hat seine Untersuchungen über den Inductionsapparat fortgesetzt.[2]) Seine Methode die Secundärspannung zu messen bestand darin, daß er den einen Pol des Inductors mit einer Metallkugel verband, welcher er eine isolirte Spitze aus großer Entfernung solange näherte bis die Entladung beginnt.

1) Siehe dies. Jahrb. Bd. 34. S. 176. 1898.
2) Wied. Ann. Bd. 64. S. 193. 1898.

Die Entfernung, bei welcher dies geschieht, wird gemessen. Macht man denselben Versuch während man oben die Kugel durch eine Leydener Flasche ladet, so erhält man durch Vergleichung der Entfernung und bei Kenntniß des durch die Flaschenladung hervorgerufenen Entladungspotentials auf der Kugel die Ladung durch den Inductor. Es ergab sich dabei der Satz, daß bei einer bestimmten Art der Unterbrechung die Maximalspannung der secundären Spule in constantem Verhältniß zur Klemmenspannung der primären Rolle steht. (Bei Anführung dieses Satzes a. a. O. ist das Wort „Maximalspannung" durch ein Versehen fortgelassen worden). Dagegen fand Walter[1]) Proportionalität der secundären Maximalspannung mit der maximalen Stromstärke des primären Schließungsstroms, wobei natürlich die Zeit des Stromschlusses und außerdem die Selbstinductiou der secundären Rolle und die Capacität des Condensators ihren Einfluß haben. Das Resultat seiner Untersuchungen war eine Theorie des Inductors, über welche in diesem Jahrbuche a. a. O. ebenfalls berichtet ist, und welche eine frühere von Colley[2]) gegebene ergänzt, ohne daß Walter diese Theorie kannte. Colley beschäftigt sich mehr mit dem idealen Falle, während Walter die Vorgänge in dem ihm vorliegenden Apparat zu ergründen sucht. Oberbeck will nun zunächst die Umstände untersuchen, welche die Höhe der secundären Spannung beeinflussen. Sodann soll geprüft werden, in wie weit sich die secundäre Spannung berechnen läßt, und wie die Schlagweite mit der Secundärspannung zusammenhängt. Um zunächst die Primärspannung continuirlich verändern zu können, wurde eine Lampenkohle in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß getaucht. Die Kohle konnte durch eine Zahnstange beliebig gehoben oder gesenkt werden, um den Widerstand zu verändern. Die Spannmg des Primärstroms wurde bei geöffneter Leitung zu dem Inductorium durch ein Voltmeter gemessen. Außerdem wurden in die primäre Leitung verschiedene Widerstände eingeschaltet. Die Schließungszeit des primären Stroms wurde unverändert gelassen. Die Zuleitung zu der Primärspule des Inductoriums zweigte von den Enden eines Starkstromwiderstands ab, dessen einer Theil die eben beschriebene Eintauchvorrichtung war, welcher die Batterie schloß.

1) Wied. Ann. Bd. 66. S. 623. 1898.
2) Ebendas. Bd. 44. S. 109. 1891.

Je nachdem nun der gesammte Widerstand nur aus den Zuleitungsdrähten bestand, oder ein Constantandrahtwiderstand in die geschlossene Leitung der Batterie oder deren Abzweigung nach der Primärrolle eingeschaltet wurde, war das Resultat sehr verschieden. Am größten werden die Transformationszahlen, wenn in beiden Leitungen die Widerstände möglichst klein sind, auch bleibt dann die Proportionalität zwischen Secundär- und Primärspannung bei verschiedener Größe der letzteren am besten gewahrt.

Isolirt man beide Pole, so ist die Spannung auf dem untersuchten Pol erheblich kleiner, als wenn der nicht untersuchte zur Erde abgeleitet ist. Jedoch ist sie nicht, wie man erwarten sollte, die Hälfte des Werthes, der sich bei Ableitung des einen Pols nach der Erde ergibt, sondern etwa $^2/_3$ desselben.

Ferner prüft Oberbeck die Walter'sche Formel. Sie ergibt sich als ein Specialfall der Colley'schen, wenn man die Dämpfung der primären und secundären Rolle und die Capacität der letzteren vernachlässigt. Oberbeck ist aber der Meinung, daß die letztere einen so großen Werth habe, daß sie nicht vernachlästigt werden dürfe. Außerdem hält er es noch für verfrüht, die Secundärspannung berechnen zu wollen, auch schon der Wirkung des Oeffnungsfunkens und der Rückwirkung des secundären Stroms auf den primären wegen.

Endlich untersucht Oberbeck den Einfluß der geometrischen Form der Electroden. Zunächst ergab sich das schon früher bekannte Resultat, daß der Funken zwischen Spitzen kleinere Entladungspotentiale verlangt als zwischen Kugeln. In beiden Fällen nehmen aber die Funkenpotentiale bei kleinen Funkenstrecken erst rasch dann langsam zu, bei mittleren Funkenstrecken ist die Zunahme sehr gering. Bei großen Funkenstrecken wird sie wieder stärker und die Potentiale sind den Funkenstrecken proportional (die graphische Aufzeichnung liefert eine gerade Linie). Hierbei sind beide Electroden isolirt.

Ist dagegen die eine abgeleitet, so ist das Verhalten von Spitzen und Kugeln sehr verschieden. Bei den Spitzen steigt die Curve zunächst steil an, und der Verlauf ist ziemlich derselbe, mag die positive oder die negative Electrode abgeleitet sein. Jedoch ist das Potential bei negativer Ladung etwas größer als bei positiver. Bei Kugeln ist für beide Ladungen der Anstieg sehr steil. Die Curve für negative Ladung behält jedoch ihren steilen Anstieg bei,

während die für positive eine weite Strecke horizontal läuft und sogar ein Minimum aufweist.

Isolirt man die Spitze und leitet die gegenüberstehende Platte ab, so haben wir bei positiver Spitze eine anfänglich steile dann flacher verlaufende und endlich mäßig steil und geradlinig verlaufende Curve. Bei negativer Spitze ist der Anstieg außerordentlich steil und die Curve fast geradlinig. Dasselbe erhält man bei isolirter Platte und abgeleiteter Spitze nur mit umgekehrten Ladungen.

Schließlich wird aus früheren Untersuchungen abgeleitet, daß bei positiver Spitze eine Potentialdifferenz von 45000 Volt bei 10 cm Funkenstrecke und von 75000 bei 20 cm erforderlich ist; für 1 m Funkenstrecke würden 200000 Volt nöthig sein.

Die Walter'schen Betrachtungen stellen sich zum Theil zu den Oberbeck'schen in Gegensatz. Zunächst sucht er den Einwand Oberbecks, daß die Selbstinduction eine Rolle spiele zu entkräften, und er schließt dies daraus, daß selbst sehr kleine an die Pole der secundären Rolle angehängte Capacitäten die Funkenlänge erheblich herunterdrücken. So sank bei Einschaltung von $1{\cdot}4.10^{-10}$ Farad die Schlagweite von 20 auf 9·6 cm, bei $9{\cdot}9.10^{-12}$ auf 18·7 cm. Wäre die Capacität der secundären Rolle so groß wie Oberbeck angibt (5.10^{-10} Farad), so könnten die angehängten Capacitäten keinen so bedeutenden Einfluß haben. Genauere Messungen mit der Braun'schen Röhre lieferten für die Capacität den Betrag von $1{\cdot}1.10^{-12}$ Farad für einen kleineren Inductor (30 cm Funkenstrecke), und $6{\cdot}5.10^{-12}$ bei einem größeren Instrumente (60 cm Schlagweite). Dabei ergab sich, daß der kleinere Apparat ganz anders construirt war als der größere. Auch Walter ist der Ansicht, daß die Theorie bei großen Apparaten uns noch vollständig im Stich läßt.

Die Ergebnisse der Walter'schen Untersuchungen über den Einfluß des Condensators hat Dubois [1]) nachgeprüft. Er maaß die secundäre Stromstärke mit dem Elektrodynamometer und untersuchte deren Verlauf, wenn bei verschiedenen Widerständen der secundären Rolle verschiedene Condensatoren eingeschaltet wurden. Es ergab sich, daß das Maximum der Stromstärke im secundären Kreis erhalten wird, wenn folgende Werthepaare sich entsprechen.

1) Wied. Ann. Bd. 65. S. 86. 1898.

Widerstand der secundären Rolle	Capacität des Condensators.
225 Ohm	3·0 Mikrofarad
500 "	0·7 "
775 "	0·5 "
1225 "	0·4 "
2225 "	0·4 "
5225 "	0·2 "

Die Zahlen gelten nur für den Fall, daß der Eisenkern aus der primären Rolle herausgenommen ist.

Hess[1]) benutzt zur Untersuchung von Inductorien die 1875 von Kerr gemachte Entdeckung, daß sowohl feste wie flüssige Dielektrica zwischen zwei entgegengesetzt elektrisch geladenen Polen doppelbrechend werden. Nach Kerr ist bei Schwefelkohlenstoff der Phasenunterschied der parallel und senkrecht zur Richtung der elektrischen Kraftlinien polarisirten Lichtstrahlen proportional dem Quadrate der elektrischen Potentialdifferenz und umgekehrt proportional dem Quadrate des Abstands der ebenen Elektroden.

Hess benutzt ein mit Schwefelkohlenstoff gefülltes cylindrisches Glasgefäß, das an beiden Enden mit Plangläsern verschlossen war. In diesem waren zwei Platten aus vernickeltem Messing in 2 mm Abstand von einander parallel aufgestellt. Eine Bogenlampe schickte durch ein Nicolsches Prisma polarisirtes Licht durch den Cylinder, ein zweites zum ersten gekreuztes Prisma löschte das Licht aus. Wurde der Schwefelkohlenstoff doppelbrechend, so hellte sich das Gesichtsfeld auf. Die Polarisationsebenen standen unter 45° zur Richtung der elektrischen Kraftlinien. Um die Aufhellungen zeitlich zu zerlegen wurde die Erscheinung mit Hülfe der von Klinkert[1]) benutzten Einrichtung, einer am Ende eines Pendels angebrachten photographischen Platte, photographirt. Das Pendel unterbrach den Strom selbstthätig im Momente der Exposition. Parallel zu dem Schwefelkohlenstoffcondensator war eine Funkenstrecke und ein zweiter Condensator eingeschaltet, dessen Capacität verändert werden konnte. In den Gang der Lichtstrahlen wurde ein horizontaler Glasstreifen eingeschaltet, der vor einem Spalt stand und mit Hülfe einer Schraube eingebogen wurde. Er wurde daher an der concaven Seite gepreßt, an der convexen gedehnt, liefert

1) Wied. Ann. Bd. 66. S. 980. 1898.
2) S. oben S. 101.

also an der ersteren, oberen eine Verzögerung der vertical schwingenden Strahlen gegen die horizontal schwingenden und in der letzteren, unteren, das Umgekehrte. Werden die Platten elektrisirt, so wird der Schwefelkohlenstoff doppelbrechend. Es addirt sich seine Wirkung zu der des Glases in der unteren Hälfte und subtrahirt sich in der oberen. Das Glas liefert bei unelektrischen Platten einen dunklen Streifen (an der Stelle, wo der Gangunterschied der beiden Strahlen Null ist), der sich aber bei elektrisirten Platten nach oben verschiebt. Die Größe dieser Verschiebung mißt das Quadrat des Potentials. Die interessanten Aufnahmen können hier nicht wiedergegeben werden, die Abhandlung enthält eine größere Anzahl. Die Methode eignet sich nur für Messung langsamer Schwingungen, denn die Geschwindigkeit des Pendels bei Durchgang durch die Gleichgewichtslage war nur 113 cm/sec.

Es wurden drei Inductorien untersucht. Zwei stammten von Keiser und Schmidt und besaßen 50 bezw. 20 cm Funkenlänge. Das dritte war ein kleiner Stöhrer'scher Apparat von 6 cm Funkenlänge. Die Capacitäten der Condensatoren (es kamen 7 verschiedene Werthe desselben in Betracht) wurden durch besondere Versuche bestimmt. Die Wellenlänge der in der Photographie auftretenden Schwingungen wurde gemessen und dann aus der Geschwindigkeit des Pendels bei der Aufnahme Schwingungszahl n und Schwingungsdauer berechnet. Außerdem bezeichnet c die angehängte Capacität, J die Stromstärke der Primärspule. Die Schwingungen waren stark gedämpft; k^2 ist das Verhältniß zweier auf einander folgender Schwingungsmaxima. Λ ist das logarithmische Decrement der Potentialschwingungen und τ die Schwingungsdauer, wie sie ohne Dämpfung sein würde. Dabei ist $\Lambda = \text{lognat} \sqrt{k^2}$. Die Capacität 2 war nicht in Ordnung, daher fehlen die Zahlen für sie mehrfach.

Inductor I, 50 cm, Keiser und Schmidt.

c	l cm	n	T	J Amp.	k^2	Λ	τ	τ^2
1	3	37·7	0·0265	2	6	0·9	0·0253	0·00064
2	3·8			2	2	0·34		
	3·8			2·5	3	0·55	0·0331	0·001096
	3·8 (3·8)	29·7	0·0336	2·6	4·5	0·75		
	3·6			2·8	—	—	—	—

c	l cm	n	T	J Amp.	k^2	Δ	τ	τ^2
3	4·4 4·8 4·6 5 } 4.7	24	0·0416	2·5 3·3 3·3 3·5	4·5 4·5 — —	0·75 0·75 — —	0·0404 — —	0·001632 — —
4	5·5 5·3 } 5·4	20·9	0·0478	2·5 3·9	2·5 2·4	0·45	0·0473	0·002237
5	6·4	17·7	0·0566	4·4	3	0·55	0·0557	0·003102
6	7·0 7·2 } 7·1	15·9	0·0628	4·5 5·7	— 3·25	— 0·59	— 0·0616	— 0·003795
7	7·5	15	0·0664	4·5 5·0	3·0 2·75	— 0·53	— 0·0654	— 0·0004277

Inductor II, 20 cm, Keiser und Schmidt.

c	l cm	n	T	J Amp.	k^2	Δ	τ	τ^2
1	1·24 1·20 } 1·22	92·6	0·0108	1·5	1·81	0·3	0·0107	0·0001145
3	1·9 2 } 1·95	57·9	0·0173	5·8 6·2	— 1·9	— 0·31	— 0·0172	— 0·0002958
4	2·40 2·36 2·38 } 2·38	47·4	0·0211	7·5 8·8 8·8	— 1·81 1·81	— 0·3	— 0·021	— 0·0004410
5	2·7 2·5 } 2·6	43·5	0·0230	6·8 7·0	1·9	0·31	0·0229	0·0005244

Inductor III, 6 cm, Stöhrer.

c	l	n	T	T^2	J
1	0·8	141·2	0·007	0·0000490	8
3	1·25	90·4	0·011	0·000121	8
4	1 5	75·3	0·013	0·000169	8
5	1·7	66·4	0·015	0·000225	8

Um zu untersuchen, ob die Eigencapacität des Inductors eine Rolle spielt, wurde die Gleichung benutzt:

$$\tau = 2\pi\sqrt{CL},$$

wo C die Capacität, L die Selbstinduction des Stromkreises ist. Wird mit c die außen angehängte Capacität (Flüssigkeitscondensator und einer der Condensatoren 1 bis 7) bezeichnet, so ist

$$\tau = 4\pi^2 L (C + c)$$

was man auch

$$\tau = A + B c$$

$$A = 4\pi^2 LC \qquad B = 4\pi L$$

schreiben kann. Die aus der Tabelle entnommenen Werthe von τ^2 wurden als Ordinaten zu den Abscissen c aufgetragen. Man erhielt eine Gerade, die fast genau durch den Punkt $c = o$ hindurchgeht, C ist also nahezu gleich Null.

Auch in anderen Punkten, z. B. bezüglich der Selbstinduction, stimmt die Theorie mit den Versuchen. Nur die Dämpfung ist erheblich größer als sie der Theorie nach sein sollte, wie auch Walter gefunden hat.

Ein Eisenkern vergrößert die Secundärspannung erheblich, wahrscheinlich mehr als Walter annimmt, nach dem sie auf das 2·4 fache des Werths ohne Eisenkern steigen soll.

Auch Entladungen zwischen verschieden gestalteten Elektroden wurden untersucht. Bei Hittorf'schen Röhren ergab sich, daß Röhren, welche grünes Licht zeigen, bei Anfügung von Capacitäten violett leuchteten.

Zwei neue Unterbrecher haben Aufsehen erregt. Zunächst beschreibt Wehnelt [1]) einen solchen. Sendet man nämlich mittelst zweier Elektroden von ungleicher Oberfläche einen elektrischen Strom durch einen Elektrolyten, und bemißt die Spannung des Stroms wesentlich höher als die entgegengesetzte Polarisationsspannung, so tritt an der Elektrode mit kleinerer Oberfläche Wärme und Licht auf. Das Leuchten dieser sogenannten „activen" Elektrode ist intermittirend, wie die Entladung selbst. Koch und Wüllner haben dies früher schon durch das Telephon nachgewiesen, und überhaupt ähnliche Erscheinungen genauer untersucht.[2]) Es fragt sich, ob der Strom nur zwischen zwei Intensitätsgrenzen hin- und herschwankt oder ganz unterbrochen wird. Es wurde, um dies zu prüfen, ein Becherglas mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. Die Elektroden bestanden aus einer Bleiplatte und einem dünnen Platindraht, der von oben in die Flüssigkeit eingeführt wurde. Dieser letztere wurde, um das heftige Spritzen zu vermeiden, später in eine Glasröhre eingeschmolzen aus der er nur wenige Millimeter hervorragte, und so tief in die Schwefelsäure eingesenkt, daß kein Spritzen mehr stattfand. Dieser Apparat wurde an Stelle des Unterbrechers in ein kleines Inductorium eingeschaltet. An beiden Enden der Unterbrechung war die Leitung zu einem Condensator

1) Elektrot. Ztschr. Bd. 20. S. 76. 26. Jan. 1899.
2) S. dies. Jahrb. Bd. 29. S. 163. 1893.

angelegt. In dem Augenblicke, wo nach allmählicher Steigerung der Stromstärke die Lichterscheinung an der activen Elektrode eintrat, begann ein schwacher unregelmäßiger Funkenstrom zwischen Spitze und Platte als Enden der Secundärspule. Die active Elektrode war dabei die negative und schmolz sehr leicht ab. Daher wurde sie zur Anode gemacht. Jetzt trat schon bei geringer Spannung, sobald das Leuchten begann, ein Funkenstrom zwischen Spitze und Platte ein, der bei 80—90 Volt und 3 Ampère in einen Gleichstromlichtbogen überging, welcher einen pfeifenden, hohen Ton von sich gab, und bis zu 7 cm Länge gesteigert werden konnte. Der Versuch den Apparat auch bei größeren Inductorien anzuwenden gelang vollständig. Die Wirkungen waren entsprechend stärker. Es wurden schon bei verhältnißmäßig geringen Spannungen und Stromstärken hohe Unterbrechungszahlen erzielt, bei Steigerung der Spannung traten Lichtbogen von 28 cm und 46 cm auf, deren Ton etwa 1000 Schwingungen entsprach. Demnach trat wirklich völlige Unterbrechung des Stroms ein, da ja sonst eine Verwendung des Apparats für den Inductor unmöglich gewesen wäre.

Die Unterbrechungen sind so gut, daß der Condensator völlig überflüssig ist. Unterbrecher und primäre Spule werden einfach hintereinander geschaltet. Die Selbstinduction ist nicht nur unschädlich, sondern begünstigt sogar den Eintritt der Leuchterscheinungen und der Unterbrechungen. Ohne Selbstinduction ist im Allgemeinen die zum Auftreten des Phänomens nothwendige Spannung eine höhere.

Die Zahl der Unterbrechungen steigt mit zunehmender Spannung. Die Minimalspannung, bei der die Erscheinung eintritt hängt ganz von den Umständen ab. Am vortheilhaftesten ist verdünnte Schwefelsäure als Elektrolyt vom relativen Gewicht 1·16 bis 1·21. Das Metall der Kathode ist ohne Einfluß, für die Anode ist Platin am meisten zu empfehlen. Eine stroboskopische Messung der Unterbrechungszahlen ergab 200 bis 1500, auf anderem Wege konnten noch 1700 Unterbrechungen in der Secunde nachgewiesen werden.

Die Stromstärke nimmt mit der Oberfläche der activen Elektrode zu. Wehnelt erhielt eine Stromstärke von 0·41 Ampère für den qmm Oberfläche.

Schaltet man parallel der Primärspule eine Glühlampe von

weit höherer Spannung als der Batteriespannung entspricht, so leuchtet diese sehr hell auf. Es brannten bei einem Inductor von 30 cm Funkenstrecke bei 21 Volt eine 56 Voltlampe, bei 48 Volt eine 110 Voltlampe und bei 105 Volt zwei hintereinandergeschaltete 110 Voltlampen normal. Eine Messung der Klemmenspannung der Primärspule ergab:

Klemmenspannung	
der Batterie	der Primärspule
21 Volt	58·5 Volt
48 „	102 „
105 „	230 „

Die Elektroden werden nicht abgenutzt. Außerdem kann man direct die Lichtleitung zum Betrieb des Inductoriums benutzen, was auch ein großer Vortheil ist.

Die Entladungen in gewöhnlicher Luft bestehen aus einer Anzahl glänzender Funken, aus gewebeartig verschlungenen Entladungserscheinungen oder aus einen mit glänzender Aureole umgebenen Lichtbogen.

Die Entladungen in verdünnten Gasen sind von außerordentlicher Gleichförmigkeit. Namentlich bei Röntgenröhren fällt jedes Flackern des Fluorescenzschirms fort. Die Expositionszeit für photographische Aufnahmen wird stark abgekürzt. Man kann auch mit kleinen Inductorien schon dieselben Effecte erzielen wie mit größeren. Bei großen Inductorien muß man sich sogar in Acht nehmen, weil die Antikathode leicht ins Schmelzen kommt. Auch für Teslaströme, Marconi'sche Funkentelegraphie und Hertz'sche Wellen eignet sich der Unterbrecher vorzüglich.

Ruhmer[1]) hat den Vorgang im Wehnelt'schen Unterbrecher genauer untersucht. Es hat sich nämlich durch Untersuchungen von d'Arsonval und von Spies gezeigt, daß die an der activen Elektrode (Anode) auftretenden Gasbläschen aus Knallgas bestehen. Die Funken zeigen im Spectrum die Wasserstofflinien. Dies ist deshalb auffallend, weil ja der Wasserstoff sonst nur an der Kathode ausgeschieden wird. Ruhmer erklärt diesen Vorgang nun so. Die Platinspitze wird so heiß, daß die Flüssigkeit dort verdampft. Die Dampfblase trennt die Anode von der Flüssigkeit:

---

1) Elektrot. Ztschr. Bd. 20. S. 456. 29. Juni 1899.

dadurch wird der Strom momentan unterbrochen. Die Stromcurven, welche Blondel aufgenommen hat, zeigen deutlich, daß der Strom vollständig unterbrochen wird. Hierdurch entsteht ein Oeffnungsstrom, der die Dampfblase durchschlägt und sie fortschleudert. Sie wird dann von der kälteren Flüssigkeit condensirt, und der Contact der Flüssigkeit mit der Spitze wird plötzlich wieder hergestellt. Das dies so ist wird sehr wahrscheinlich durch die Thatsache, daß die regelmäßigen Unterbrechungen sofort aufhören, wenn statt der Spule ein gleichgroßer anderer Widerstand, der keinen Extrastrom entwickelt, eingeschaltet wird. Die sich bildende Dampfblase wird ziemlich groß und dann unter zischendem Geräusch condensirt. Bewirkt man künstlich, etwa mit einer Leydener Flasche ein Durchschlagen, so tritt der Unterbrechungsvorgang wieder ein. Durch die Hitze des Platinstifts wird aber ein Theil des Wasserdampfs dissociirt und so das Knallgas gebildet. Man hätte demnach keinen elektrolytischen Vorgang beim Wehnelt'schen Unterbrecher. Mit dieser Erklärung stimmt auch das knatternde Geräusch, welches die Unterbrechungen begleitet. Auch der gleich zu besprechende Simon'sche Unterbrecher gibt einen Anhalt für die Richtigkeit der Erklärung. Wenn man nun den Elektrolyten erhitzt, so müßte, weil die Dampfbildung erleichtert wird, die Unterbrechungszahl zunehmen, die mittlere Stromstärke aber abnehmen. Dasselbe müßte geschehen, wenn man den Druck vermindert. Ruhmer stellte sich einen Unterbrecher nach Wehnelt her, dessen Gefäß oben drei Oeffnungen hatte, die zur Einführung der Bleikathode, eines Thermometers und eines Luftrohres mit Hahnverschluß dienten. Die Thermometerkugel war in gleicher Höhe mit der Platinspitze. Als Strom diente der Strom der Berliner Centrale (110 Volt). Die mittlere Stromstärke wurde mit einer Tangentenbussole, die Unterbrechungszahl stroboskopisch gemessen.

Zunächst wurde der Unterbrecher durch einen Vorschaltwiderstand so regulirt, daß bei 10° C keine Unterbrechung stattfand, sondern diese erst bei 15°, zwar noch unregelmäßig, begann. Die Temperatur stieg nun weiter und es ergaben sich folgende Werthe:

Temperatur.	Unterbrechungszahl.	Mittl. Stromstärke in Ampère.
28	ca 10	2·2
36	56·8	2·1
40	63·7	2·0

Temperatur.	Unterbrechungszahl.	Mittl. Stromstärke in Ampère.
46	ca 71·3	—
52	85·6	1·95
57	94·8	1·85
62	97·5	1·8
64	103·1	1·75
67	107·6	1·6
70	116·8	—
72	122·6	1·5
75	130·6	—
77	140·8	—
79	147·2	—
81	166·5	—
83	175·0	1·3
86	193·2	1·2
88	203·3	—
90	213	1·0
93	230	0·87
95	235	0·6
97	225	0·5
99	140 (?)	0·3
99·5	90 (?)	0·2
100	unregelmäßig nicht mehr bestimmbar.	ca 0·15

Bei 90° setzte die Unterbrechung das erste Mal aus, bei 93° schon häufiger, bei 95° findet unter brodelndem Geräusch an der Anode eine enorme Blasenentwickelung statt. Aber doch hörte der Unterbrecher nicht gänzlich auf zu arbeiten, die Schwefelsäure kommt nicht zum Sieden. Steigert man aber die Temperatur durch Wärmezufuhr bis zum Siedepunkt, so hören die Unterbrechungen sofort auf.

Wennn man durch das mit Hahn verschließbare Rohr die Luft auspumpte, und die Temperatur constant auf 45° hielt, so ergaben sich folgende Werthe.

Druck in mm Hg.	Unterbrechungszahl.	Mittl. Stromstärke in Ampère.
755	85·8	2·2
655	90·5	2·0
555	102·5	1·8

Druck in mm Hg.	Unterbrechungszahl.	Mittl. Stromstärke in Ampère.
455	122·6	1·5
355	127·2	1·35
255	135·7	1·25
155	177	0·9
135	172·5	0·75
120	130·6	0·5
95	unregelmäßig	0·2
60	Unterbrechung gering	0·15

Sobald die Flüssigkeit dem Siedepunkte nahe kommt, werden die Unterbrechungen wieder unregelmäßig. Steigert man die Temperatur bis zum Siedepunkt, so hören die Unterbrechungen auch hier auf, beginnen aber sofort wieder, wenn man den Hahn öffnet.

Soll also der Unterbrecher möglichst ökonomisch arbeiten, so hat man seine Temperatur auf ca 85° zu halten, weil dann nicht so viel Energie der Dampfbildung wegen verloren geht.

Der Wehnelt'sche Unterbrecher ist also kein elektrolytischer, sondern er beruht auf Wärmevorgängen.

Gleichzeitig mit dieser letzen Arbeit erschien eine sehr ausführliche Untersuchung von Wehnelt,[1]), die — ohne Kenntniß der Ruhmer'schen Untersuchungen — von der Annahme elektrolytischer Vorgänge bei der Unterbrechung ausgeht.

Zunächst hat auch er sich mit dem Einfluß der Selbstinduction beschäftigt. Die Selbstinduction ist die nothwendige Voraussetzung für das Zustandekommen der Erscheinung. Ohne Selbstinduction findet keine regelmäßige Unterbrechung statt, und auch mit Selbstinduction nur dann exact, wenn die Platinspitze positiv ist, andernfalls schmilzt die Spitze ab. Die Größe der Selbstinduction hat ebenfalls Einfluß. Bei kleineren Inductorien ist die Unterbrechungszahl größer als bei großen Inductorien. Schaltet man in den Stromkreis eine Magnetisirungsspule, so gibt diese ohne Eisenkern einen Ton, infolge von etwa 200 Unterbrechungen in der Secunde. Mit Eisenkern erhält man nur einzelne Stromstöße. Schiebt man über eine längere Spule mit hoher Selbstinduction einen Messingcylinder, so steigt die Unterbrechungszahl und der Messingcylinder wird sehr bald außerordentlich heiß. Ist der letztere starkwandig und liegt die Spule ganz im Cylinder, so setzt der Unterbrecher aus.

1) Wied. Ann. Bd. 68. S. 233. 1899.

Die Stromstärke wächst mit der Oberfläche der activen (positiven) Elektrode, ist ihr aber nicht proportional. Man kann auch zur Erhöhung der Stromstärke ohne Schaden für die Unterbrechungen mehrere Elektroden nebeneinander in die Flüssigkeit setzen. Die Unterbrechungszahl wächst, ebenso wie mit der Verminderung der Selbstinduction, mit der Erhöhung der Spannung. Wehnelt hat bis zu 2200 Unterbrechungen erhalten. Die niedrigste Spannung, bei welcher der Unterbrecher wirkt, ist gänzlich abhängig von den Verhältnissen, für die höchste scheint es keine Grenze zu geben. Sendet man Wechselstrom in den Unterbrecher, so arbeitet er scheinbar genau wie mit Gleichstrom, denn die Inductionswirkung ist stärker, wenn die active Elektrode positiv ist. Jedoch empfiehlt es sich, die inactive Elektrode aus Aluminium herzustellen, um die Phase, bei welcher die active Elektrode negativ wird, möglichst abzuschwächen. Sonst wird die Elektrode bald zu heiß, und der Unterbrecher funktionirt nicht mehr.

Eine Untersuchung verschiedener Elektrolyten ergab die günstigsten Verhältnisse für Schwefelsäure vom relativen Gewicht 1·16 bis 1·2. Alle andern Materialien als Platin eignen sich nicht für die active Elektrode. Eine Kupferdrahtelektrode in concentrirter Kupfervitriollösung wirkte ebenso wie eine Platinelektrode in Schwefelsäure. Eine sichtbare Gasentwickelung findet nicht statt, aber es geht eine Flüssigkeitsströmung nach oben, die durch suspendirtes Kupferoxyd intensiv schwarz gefärbt ist. Die negative Elektrode ist ohne Einfluß auf den Gang der Erscheinung.

Für den Einfluß der Temperatur fand Wehnelt ganz dieselben Resultate wie Ruhmer, ebenso für den Druck, nur sind die mitgetheilten Zahlenwerthe nicht so reichhaltig wie dort.

Der Vorgang an der activen Elektrode spielt sich so ab. Es bildet sich eine langsam wachsende Gashülle aus, die bis zu einer gewissen Größe wächst, um dann plötzlich explosionsartig aus einander geschleudert zu werden. Das Licht der Gasbläschen zeigt die Wasserstofflinie. Das Gas der Gasblasen besteht aus einem schwach explosiven Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff, letzterer überwiegt. Die active Elektrode ist dabei immer positiv. Quantitative Untersuchungen ergeben elektrolytische Zersetzungen, die den bekannten elektrolytischen Gesetzen entsprechen, und eine bei steigender Spannung immer kleiner werdende Sauerstoffmenge.

Die Stromcurven wurden mit der Braun'schen Röhre untersucht. Ihr Aussehen bestätigte die exacte Unterbrechung. Der Strom steigt langsam an und fällt ganz steil ab. Durch Aenderung der Selbstinduction im primären Stromkreis läßt sich die Unterbrechungszahl beliebig variiren. Die Leuchterscheinung an der activen Elektrode fällt mit dem exacten Abreißen des Stroms zusammen.

Zur Erklärung der Erscheinung glaubte Wehnelt in Uebereinstimmung mit Spies[1]) Schwingungserscheinungen heranziehen zu können. Um Schwingungen nach der Formel

$$t = \pi \sqrt{LC},$$

wo L die Selbstinduction und C die Capacität ist, zu erhalten, braucht man die Annahme, daß die an der activen Elektrode auftretenden Polarisationscapacitäten ebenso wirken wie elektrostatische. Für die Richtigkeit dieser Annahme fehlt erstens aber noch der Beweis und zweitens steht der oben erwähnte Versuch mit unpolarisirbaren Elektroden (Kupfer in Kupfervitriol) mit ihr in Widerspruch. Infolgedessen glaubt Wehnelt eine Combination von Elektrolyse und Wärmevorgängen vor sich zu haben. An der activen Elektrode wird Sauerstoff gebildet, eine Dampfblase tritt auf und schließlich eine Zersetzung durch Erhitzen. Durch die heißen Gase geht der Strom anfangs durch, bis er schließlich in Folge der wachsenden Größe der Blase unterbrochen wird, der Oeffnungsfunke zersprengt die Blase.

Man kann die Form des Unterbrechers vielfach verändern. Der Platindraht war nicht in eine Glasröhre eingeschmolzen, sondern befand sich in einer unten eng ausgezogenen Glasröhre, die in die Flüssigkeit getaucht war. Der Strom wurde auch dann noch scharf und exact unterbrochen, wenn der Platindraht sich ganz in der Glasröhre befand, die Gasblasen treten aber dann nicht am Draht, sondern an der Mündung der Röhren auf. Hier ist eine reine Wärmewirkung vorhanden, der dünne Flüssigkeitsfaden an der Mündung wird in Dampf verwandelt. Man kann hier statt des Platindrahts auch einen dicken Bleidraht verwenden. Es ist hier gleichgültig, welche Elektrode positiv oder negativ ist. Der Strom wird ferner auch unterbrochen, wenn keine Selbstinduction im Stromkreise ist. Hier ist bereits der gleichzeitig von Simon

1) Verhandl. der deutsch. phys. Gesellsch. Bd. 2. S. 53. 1899.

angegebene Unterbrecher fertig, sodaß zwei Physiker zur selben Zeit denselben Gedanken gehabt und ausgeführt haben. Doch findet Wehnelt auch Nachtheile, die vor Allem in den langsameren Unterbrechungen und in dem hohen Eigenwiderstand des Unterbrechers liegen. Auch die Glaswände der Mündung werden schnell zerstört.

Eine Form des Unterbrechers mit Regulirvorrichtung, die darin besteht, daß man die Platinspitze weiter oder weniger weit aus einer isolirenden Umhüllung herausragen lassen kann, ist noch beschrieben. Sie wird von Ernecke angefertigt. Ferner ist die schon oben kurz angegebene Verwendbarkeit des Unterbrechers für Versuche verschiedenster Art durch eine ganze Reihe von neuen Experimenten in ein sehr günstiges Licht gerückt.

Simon beschäftigte sich zunächst theoretisch mit dem Wehnelt'schen Unterbrecher und kam zu der Anschauung, daß die Elektrolyse gar keine Rolle spielt, sondern lediglich Wärmevorgänge die Ursache sind. Dadurch wurde er zur Construction seines Unterbrechers geführt. Dieser besteht einfach in einem Glasgefäß, in welches ein Bleiblech eingesetzt ist, und das mit einem Elektrolyten gefüllt ist. In diesen taucht ein Probirglas mit einem oder mehreren feinen Löchern, in welchem ein Bleicylinder sitzt. Es ist dies also eine ganz ähnliche Anordnung wie die zuletzt angegebene des Wehneltunterbrechers. Die unterbrechenden Bläschen treten an den Oeffnungen auf.[1]) Dem Unterbrecher lassen sich die verschiedensten Formen geben, bei jeder ist die Hauptsache, daß der Flüssigkeitswiderstand an einer Stelle ganz eng zusammengeschnürt ist. Die Ladung der Elektroden kann beliebig sein, auch der Elektrolyt ist beliebig. Der Unterbrecher funktionirt ebenso gut mit Wechselstrom wie mit Gleichstrom, die Oeffnungen im Glas sind, im Gegensatz zu den Angaben Wehnelts, von außerordentlicher Dauerhaftigkeit. Temperaturerhöhung der Flüssigkeit wirkt direct günstig auf die Wirkungsweise und die Oekonomie des Unterbrechers ein. Mann kann also die bei Wehnelt nothwendige Kühleinrichtung entbehren. Dagegen ist allerdings richtig, daß unter sonst gleichen Bedingungen der Wehneltunterbrecher eine größere Unterbrechungszahl liefert als der Simonunter-

1) Elektrot. Ztschr. Bd. 20. S. 440. 22. Juni 1899. Ein kurzer Auszug der Theorie findet sich auch hier.

brecher, doch gilt dies nur für kleinere Betriebsspannungen, bei größeren kehrt sich das Verhältniß um.

Die Kritik der Wehnelt'schen Ausführungen und die Theorie Simons hier ausführlich wiederzugeben ist natürlich unmöglich, doch mögen wenigstens einige Bemerkungen Platz finden, im Uebrigen muß auf die Originalarbeit verwiesen werden.[1]) Zunächst wurde nach der Klinkert'schen Methode[2]) die Funkenzahl gezählt, diese muß der Unterbrechungszahl gleich sein. Mit derselben Methode wurde dann untersucht, ob der Wehneltunterbrecher, wie es nach der Wehnelt-Spies'schen Schwingungstheorie zu erwarten gewesen wäre, Oeffnungs- und Schließungsfunken oder nur eins von beiden liefert. Es zeigte sich, daß man es nur mit Oeffnungsfunken zu thun hatte. Bei Betrieb des Unterbrechers mit Wechselstrom unterbrach der Apparat nur in demjenigen Curventheil, in dem die Platinspitze Anode ist.

Durch weitere quantitative Versuche, bei denen sämmtliche einflußreichen Größen, wie Stromstärke, Anodenlänge, Anodendurchmesser, Betriebsspannung, Funkenlänge, Temperatur der Säuren verändert wurden, ergiebt sich der Satz, daß mit einem u. demselben Unterbrecher immer dieselbe Unterbrechungszahl erreicht wird, sobald immer dieselbe Stromstärke durch den Apparat geht, oder bei einem bestimmten Unterbrecher ist die zu einer Unterbrechung erforderliche Stromarbeit immer dieselbe.

Aus diesem Grunde schon kann der Unterbrechung kein elektrolytischer Vorgang zu Grunde liegen. Die Stromstärke wächst nach Stromschluß wegen der Selbstinduction relativ langsam bis zu ihrem Endwerth an. Dieser Endwerth ist Spannung durch Widerstand. Im metallischen Schließungskreis ist dieser Endwerth gegen den des Elektrolyten zu vernachlässigen. Im Elektrolyten ist ein wesentlicher Widerstand nur auf der Oberfläche der Platinspitze vorhanden, da dem Strom ja überall eine Bahn von relativ sehr großem Querschnitt zu Gebote steht, der beim Eintritt des Stroms in die Spitze plötzlich auf die Größe der Spitzenoberfläche beschränkt wird. Demnach ist an der Spitze im Wesentlichen die Wärmeentwickelung localisirt. Es tritt Verdampfung ein und der Stromdurchgang wird plötzlich unterbrochen.

1) Wied. Ann. Bd. 68. S. 273. 1899.
2) S. oben S. 101.

Es folgt nun eine ausführliche mathematische Analyse der Vorgänge der Wärmeentwickelung und des Energieaustausches, die schließlich zu den Sätzen führt:

Die Unterbrechungszahl wächst mit wachsender Betriebsspannung und abnehmender [1]) Selbstinduction des Schließungskreises ebenfalls, nimmt dagegen mit zunehmendem Widerstande, d. h. mit abnehmender Größe der Anodenfläche ab.

Die am Hitzdrahtampèremeter angezeigte Stromstärke nimmt demnach mit wachsender Unterbrechungszeit und wachsendem Widerstand, d. h. kleiner werdender Anodenoberfläche rasch ab, mit wachsender Betriebsspannung schnell zu, mit wachsender Selbstinduction ab, ganz wie es die Versuche von Wehnelt und Spies und Wehnelt zeigen.

Die Formeln wurden, soweit es sich um Spannung und Widerstand handelt (die Selbstinduction des Inductors läßt sich nicht meßbar verändern), quantitativ geprüft. Beobachtete und berechnete Werthe der Unterbrechungszeiten stimmten sehr gut überein.

Um zu erklären, warum der Unterbrecher nur einseitig wirkt, nimmt Simon an, daß secundäre elektrolytische Einflüsse den eigentlichen Unterbrechungsvorgang überlagern. Benutzt man Zink- oder Kupfervitriol, wo also kein Wasserstoff abgeschieden wird, so kann man den Unterbrecher ebensogut im umgekehrten Sinne, d. h. mit der activen Elektrode als Kathode benutzen.

Beide Unterbrecher dürften ihrer Einfachheit wegen eine große Zukunft haben und vielleicht für manche Zwecke die bisher üblichen Unterbrecher verdrängen. Der Simonunterbrecher ist praktisch auch deshalb dem Wehneltunterbrecher vorzuziehen, weil die Wände des Gefäßes nicht durchbohrt sind, also die Gefahr nicht besteht, daß die Gefäße undicht werden.

Entladungserscheinungen. — Eine Reihe sehr merkwürdiger Wechselwirkungen zwischen akustischen Wellen und dem elektrischen Flammenbogen hat Simon [2]) beobachtet. Wenn man nämlich parallel zu den Leitungsdrähten einer Gleichstrombogenlampe eine zweite Leitung legt, in welcher intermittirende Ströme laufen, so tönt der Lichtbogen mit knatterndem Geräusch. Dieses Knattern war bereits zu beobachten, als dieselbe

1) In der Originalarbeit steht fälschlich hier „wachsender“.
2) Wied. Ann. Bd. 64. S. 233. 1898.

Accumulatorenbatterie, welche die Bogenlampe speiste, gleichzeitig im Nebenzimmer ein Inductorium betrieb. Die Leitung von der Batterie lief etwa 15 m weit nach einem Zellenschalter, von dem aus der Strom in die verschiedenen Leitungsnetze vertheilt wurde. Bis zum Zellenschalter laufen die Drähte von den einzelnen Zellen aus parallel. Die in diesen parallelen Drähten inducirten Ströme, die in Folge der Unterbrechungen des Inductoriums hervorgerufen waren, waren die Ursache der Erscheinung. Wenn man an Stelle der Differentiallampe einen Lichtbogen zwischen feststehenden Kohlenspitzen einschaltete, so blieb die Erscheinung unverändert. Sie spielt sich also im Lichtbogen selbst ab. Die Zuckungen des Flammenbogens mit optischen Mitteln zu zerlegen gelang nicht. Die Erscheinung wurde viel deutlicher, wenn man in den Stromkreis des Lichtbogens eine Drahtspule einschaltete, und in diese eine mit Eisenkern versehene zweite Spule einschob, in deren Leitung ein Mikrophon eingesetzt war. Wurde das Mikrophon mit dem Stil einer tönenden Stimmgabel berührt, so hörte man am Flammenbogen deutlich den Stimmgabelton. Ebenso wurde Pfeifen, Klopfen, Singen, das Spiel einer Spieldose u. s. w. aufs deutlichste übertragen und selbst das in das Mikrophon hineingesprochene Wort wurde vom Flammenbogen verständlich wiedergegeben mit jeder feinsten Schattirung der Klangfarbe. Bei lauten Tönen von gewisser Klangfarbe singt der Flammenbogen laut zischend mit, wenn die Eigentöne des Mikrophons die Mikrophonschwankungen verstärken. Die feinen Klangunterschiede gehen dann im Zischen des Bogens verloren.

Es gelang zu zeigen, daß die Veränderungen in der Stromstärke des Lichtbogens, die hier auftreten, entsprechende Dichteänderungen der umgebenden Luft zur Folge haben, die dann als Klänge wahrgenommen werden. Den Aenderungen der Stromstärke gehen nähmlich Temperaturänderungen des Flammenbogens parallel, die entsprechende Dichteschwankungen hervorrufen.

Es läßt sich die Temperaturänderung des Flammenbogens unter Zugrundelegung von Messungen, die hier übergangen werden müssen, ebenso wie die Dichteänderung der Luft während einer Schallwelle annähernd berechnen. Je länger der Flammenbogen ist, um so lauter und deutlicher werden die Töne.

Die Wirkung läßt sich auch umkehren. Der Flammenbogen kann ein Telephon erregen. Durch einen Trichter werden die

Schallwellen auf den Flammenbogen concentrirt. Spricht, singt, pfeift man in denselben, so gibt ein in die secundäre Leitung an Stelle des Mikrophons eingeschaltetes Telephon alles deutlich und der Klangfarbe entsprechend wieder. Durch die Schallwellen und die dabei auftretenden Dichteänderungen, wird der Uebergangswiderstand des Flammenbogens geändert, und ebenso die Stromstärke, wodurch dann entsprechende Erregungen im Telephon hervorgerufen werden.

Der Flammenbogen verwandelt also periodische Stromschwankungen, die sich über seinen Hauptstrom lagern, bis in alle Einzelheiten der Klangfarbe in Töne. Er konnte somit als Empfänger bei mikrophonischer Uebertragung jeder Art von Klang und Geräusch dienen.

Der Flammenbogen reagirt auf die kleinsten Dichteschwankungen der umgebenden Luft durch entsprechende Schwankungen seiner Stromstärke und konnte somit als Geber bei telephonischer Uebertragung jeder Art von Klang und Geräusch dienen.

Dazu bemerkt Braun[1]), daß bereits 1884 Preece ähnliche Erscheinungen angegeben hat. Außerdem kann man die Empfindlichkeit eines solchen Apparats steigern, wenn man dem Wechselstrom einen Gleichstrom superponirt. Läßt man den oscillirenden Strom allein wirken, so wird der Grundton als Octave wiedergegeben, superponirt man den Strom, so behält er seine ursprüngliche Tonhöhe.

Auf Veranlassung von Braun hat Abramczyk einige Versuche gemacht. Ein Bolometergitter von 30 Ohm Widerstand wird in die secundäre Spule eines kleinen Inductionsapparats eingeschaltet. Ueber dem Bolometer befand sich ein Glastrichter, von dem ein Kautschukschlauch ins Ohr führte. Ließ man einen intermittirenden Strom durch die primäre Spule gehen, so war nichts zu hören. Sobald aber in der secundären Spule ein constanter von der primären Spirale unabhängiger Strom floß, tönte das Bolometer wie ein Telephon. Je größer die Stromstärke des constanten Stroms, um so lauter die Töne.

Das Bolometer wurde mit einem Mikrophon in einen Stromkreis geschaltet. Wurde in das Mikrophon gesprochen, so waren sämmtliche Worte laut und deutlich hörbar. Das Bolo-

1) Wied. Ann. Bd. 65. S. 358. 1898.

ebeni.
htmar
te dun
lfte bei
r Licht
ere Gr
ht quer
egt bein
ach Nor
eschreibu
uli hat
n mehrer
0. Juli si
in ausge
h 40m h
ande zusa
ichtgrenze
h 10m w
ur noch ei
tand der F
ine dunkle
edehnter h
unklen St
eigt diesen
Fleckes wii
er von 1
ein, wora
würdig ist
Nordhorn
elle Ran
Punkt gei
Randes n
ine punt
agegen 1
on 4h
Aequator
hnlich
Billige
aß der

der Funken versagt. Das vom negativen Pol ausgehende Büschel ist viel kürzer als das vom positiven Pol ausgehende. Auch diese Büschel bestehen aus Theilentladungen. Diese einzelnen Entladungen lagen aber auf den ersten Aufnahmen sehr eng bei einander und erst durch Vergrößerung des Condensators erreichte man größere Abstände und zu Messungen geeignetere Aufnahmen. Hierbei zeigte sich nun, daß der Anfangsfunken nicht mit einem Schlage fertig wird, sondern daß zwei von einander getrennte Büschelentladungen ihm vorausgegangen sind. Die zweite ist erheblich viel länger als die erste. Auch sind die Entladungen in allen Theilen (die Funken haben stark ausgeprägte Zick-Zackform) zu einander parallel.

Dieselben Erscheinungen traten dann bei Entladungen unter weit complicirteren Verhältnissen auf. Zunächst war die ursprüngliche Capacität des Condensators $2 \cdot 2.10^{-7}$ Farad auf $2 \cdot 30.10^{-6}$ bezw. $1 \cdot 54.10^{-6}$ Farad erhöht. Außerdem waren die Pole der secundären Rolle mit je einen der Belege zweier Hartgummicondensatoren von $4 \cdot 66.10^{-11}$ Farad verbunden, deren andere Belege zur Funkenstrecke abgeleitet waren. Jetzt entstehen in der secundären Spule gut ausgebildete Wechselstromschwingungen. Es entstehen während der Aufnahme drei bezw. vier Einzelentladungen, die ihre Pole wechseln. Jede derselben besteht aus einer großen Zahl getrennter Büschel, von denen wieder jedes folgende etwas länger ist als das vorhergehende, und die wieder vollkommen parallel sind. Der eigentliche Funke kommt nicht immer zu stande. Die Büschelentladungen bahnen daher der folgenden den Weg, die ihn darüber hinaus, immer wieder von neuem Knicke bildend, im Anfang aber den Weg der früheren Büschel einhaltend, fortsetzen, bis sie mit baumartigen Verästelungen frei in der Luft endigen, oder, wenn sie kräftig genug sind, den ganzen Weg bis zur anderen Elektrode überbrücken. Soweit die Büschelentladung auf dem bereits durch die vorhergehende gebahnten Weg verläuft, zeigt sie niemals seitliche Ansätze, diese deuten vielmehr stets das Ende einer Büschelentladung an. Dasselbe gilt für die durch stehende Camera oder bei directer Beobachtung gewonnenen Funkenbilder. Da wo die neue Entladung sich selbst nun einen Weg bahnen muß, bildet sich meist ein Knick, dieser wird also mit einem seitlichen Büschelansatz zusammenfallen. Es werden aber auch die negativen Büschel von Stromstoß zu Stromstoß länger.

Der Anfangsfunke zeigt am negativen Ende seiner Bahn stets eine Verdickung. Diese Verdickungen bilden sich auch da, wo die letzte Büschelentladung aufhörte. Die Luft ist dort durch das letzte Büschel offenbar elektrisch geladen, und sobald der eigentliche Funke fertig ist, entladet sich auch die dort in der Luft angehäufte Elektricität, die Luft selbst stark erhitzend. Die Zeitdauer zwischen den Theilentladungen ist sehr kurz, sie betrug z. B. in einem Falle nur rund $^1/_{10000}$ Secunde.

Ueber Entstehung der Spitzenentladungen veröffentlicht Warburg [1]) Versuche. Eine Spitze wird einer Metallfläche gegenübergestellt, die über ein Galvanometer zur Erde abgeleitet ist. Wird die Spitze auf einem gewissen Potential gehalten, so zeigt das Galvanometer einen Strom an. Dieser Strom ist von der Spitze zur Metalloberfläche übergegangen, hat also die Luft durchsetzt. Die Luft hat also ein bestimmtes Leitvermögen. Es fragt sich, ob dieses Leitvermögen einige Tausendtel Secunden nach dem Anlegen des Potentials an die Spitze bereits seinen vollen Betrag erreicht hat. Die Spitze befand sich in einer fast geschlossenen metallenen Hohlkugel. Von dieser führt eine Leitung über eine Unterbrechungsstelle I zur Erde, eine andere über eine Unterbrechungsstelle II zu einem Elektrometer. Zur Zeit Null wird das Potential V an die Spitze angelegt. Zur Zeit t wird I geöffnet, zur Zeit $t + \vartheta$ wird II geöffnet. Da I bei Anlegung des Potentials V geschlossen war, rührt die Ladung des Elektrometers nicht von Influenz her, sondern ist gleich der Elektricitätsmenge, welche in der Zeit ϑ aus der Spitze durch Leitung ausgetreten ist, mag dabei diese Elektricitätsmenge die Kugel erreicht haben oder sich noch in der Luft befinden. Der Versuch wird so ausgeführt, daß ein Messingdraht, der von einer gespannten Feder fortgeschnellt wird, und mit einer Messingröhre in dauerndem Contact steht, zwei Anschläge trägt, deren erster so lange auf einem Contact m schleift, bis der andere erst die Verbindung I mit der Erde, und sodann die Verbindung II mit dem Elektrometer geöffnet hat. Diese Verbindungen bestehen in Hebeln, welche durch den Anschlag zurückgedreht werden. Die Messingröhre ist mit der Spitze, der Contact m mit der Elektricitätsquelle (Leydener Flasche) verbunden. Außerdem kann die Spitze dauernd geladen und dann

1) Wied. Ann. Bd. 66. S. 652. 1898.

der Versuch wiederholt werden. Die Vergleichung der Ströme in beiden Fällen diente zur Entscheidung der Frage. Die Zeiten wurden nach der Pouillet'schen Methode gemessen. Diese beruht darauf, daß eine galvanische Kette, welche man kurze Zeit schließt, eine Strommenge liefert, die der Zeit des Stromschlusses proportional ist.

Aus den Untersuchungen folgte, daß der Strom aufhörte, wenn das Spitzenpotential bei positiver Ladung unter 3100 Volt erniedrigt worden war. Bereits 0·007 Secunden nach Anlegen des Potentials hatte die Stromstärke ihren definitiven Werth erreicht. Nach dieser Zeit hat also die Luft schon das dem constanten Strom entsprechende Leitungsvermögen erlangt.

Eine weitere Messungsreihe, die schließlich zu empirischen Formeln über die Ausbreitung des Stroms führte, sei hier nur genannt.[1])

Ueber geschichtete Entladungen in freier Luft ist in diesem Jahrbuch bereits ein Bericht gebracht worden.[2]) M. Töpler hat seine Untersuchungen fortgesetzt und eine Anzahl neuer Erscheinungen beschrieben.[3]) Die Lichterscheinungen sind alle Fälle von Büschellicht.

I. Büschellichtbogen in freier Luft. Es wird zwischen die Pole einer vielplattigen Töpler'schen Maschine ein großer Flüssigkeitswiderstand geschaltet. Man erhält statt der discontinuirlichen Funken bei hinreichend hoher mittlerer Stromstärke einen „Büschellichtbogen", d. h. eine continuirliche Dauerentladung, der die Elektroden nicht wesentlich angreift, im Gegensatz zum Kohlenlichtbogen. Er besteht aus zahlreichen Einzelentladungen, ohne zwischen ihnen ganz zu verlöschen. Von der Kathode ausgehend hat man nachstehende Folge von Leuchterscheinungen: Goldstein'scher Dunkelraum (r_1), helles weißvioletttes Kathodenlicht (a), dunkler Trennungsraum (r_2), zweites, bei Stromstärken von $1/3000$ bis $1/600$ Amp. ziegelrothes Licht (b), oft aus zwei Theilen bestehend, drittes, bei derselben Stromstärke carminrothes Licht (c), meist in eine Reihe Lichtschichten (c_1 c_2 c_3 ....) zerfallend, ausgezeichnete Dunkelstelle (S). Dies ist der negative Antheil. Der

1) Wied. Ann. Bd. 67. S. 69. 1899.
2) Bd. 34. S. 192. 1898.
3) Verh. d. Ges. Isis in Dresden 1898. S. 1. Beibl. Bd. 22 S. 596. 1898.

positive Antheil enthält carminrothes Licht (c'), seltener geschichtet $c_1' c_2' c_3' \ldots$), Anodenglimmen (d'). Die Stelle S liegt stets dort, wo die beiden von den Elektroden ausgehenden heißen Luftströme auf einander treffen und meist näher an der Kathode als an der Anode. Sind die heißen Luftströme unter einem Winkel gegeneinander gerichtet, so sind es auch die beiden Antheile. Metallspitzen begünstigen die Ströme, plattenförmige Halbleiterelektroden erschweren sie (Schieferplatte u. s. w.).

1. Specieller Fall. Die Kathode ist eine Metallspitze, die Anode eine Halbleiterplatte. Der positive Antheil ist verkümmert. Die Folge der Erscheinungen ist (r_1) a (r_2) b c_1 c_2 . . . (S) d'. Das ziegelrothe Licht b entfernt sich mit zunehmender Stromstärke von der Kathode. Die Schichten stehen nahe gleichweit von einander ab, und ihr Abstand von der Kathode ist bei constanter Stromstärke unabhängig von der Schlagweite. Dagegen treten bei Vergrößerung der letzteren mehr und mehr Schichten c auf. Mit wachsender Stromstärke verringert sich sowohl der Abstand der ersten Schicht c_1 von der Kathode als auch der gegenseitige Abstand der Schichten. Auch hierbei treten neue Schichten c auf. Mit dem Schlierenapparat fand sich, daß in den carminrothen Schichten eine höhere Temperatur herrscht als in den dunklen Zwischenräumen. Beobachtungen mit dem rotirenden Spiegel zeigten, daß die einzelnen Schichten jeder Partialentladung wahrscheinlich nicht gleichzeitig, sondern von der Kathode ausgehend nacheinander aufleuchten.

2. Specieller Fall. Die Kathode ist die Halbleiterplatte, die Anode die Metallspitze. Der negative Antheil ist verkümmert. Die Folge der leuchtenden Theile ist (r_1) a (r_2) b (S) $c_1' c_2' c_3'$ . . . . d. Bei Schlagweitenvergrößerung haften die einzelnen Schichten $c_1' c_2'$ . . . an dem Dunkelraum S, dieser bildet sich stets nahe am Halbleiter aus. Ihre Abstände sind nahe gleich und bei größerer Stromstärke kleiner, auch liegen sie dann näher an der Kathode.

3. Specieller Fall. Der Halbleiter steht frei im Schlagraum zwischen Metallelektroden. Man erhält nach der Metallkathode hin schon bei geringerer Stromstärke Dauerentladung als nach der Metallanode. Die Reihenfolge ist (Metallkathode) (r_1) a (r_2) b c_1 c_2 . . . (S) b (Halbleiterplatte) (r_1) a (r_2) b (S) $c_1' c_2'$ . . . d' (Metallanode). Die Dunkelstelle (S) bildet sich nicht immer scharf

aus. Die ihr benachbarten Schichten fließen dann allmählich zusammen.

Hier reihen sich die in diesem Jahrbuch a. a. O. bereits beschriebenen Entladungserscheinungen ein, bei welchen die Entladungen großer Batterien durch Flüssigkeitswiderstände verlangsamt werden. Die Schichten c bewegen sich von der Kathode weg. Auch zwischen dem Büschellichtbogen und gewöhnlicher Büschelentladung läßt sich der Uebergang continuirlich herstellen. Diese Erscheinungen bilden den Uebergang zu den Funkenentladungen.

II. Büschellichtbogen in verdünnten Gasen. Mit der Verdünnung wächst die Ausdehnung aller Lichter ohne wesentliche Farbenänderung. Das ziegelrothe Licht zerfällt meist in zwei Theile b_1 und b_2. Der erstere ist ein paraboloidischer Lichtstumpf, der sich mit wachsender Stromstärke von der Kathode entfernt, der letztere ist manchmal eine lange ziegelrothe Lichtsäule. Die carminrothen Schichten werden zu ausgedehnten „Leuchtmassen", welche bei constanter Stromstärke ruhen und gleichen Abstand haben. Mit wachsender Stromstärke nimmt sowohl der Abstand der ersten ruhenden Leuchtmasse von der Kathode als auch der Abstand benachbarter Leuchtmassen ab. Der Büschellichtbogen und Righische Kugelfunken [1]) sind identische Erscheinungen. Der Strom einer 60 plattigen Influenzmaschine gibt direct Righi'sche Kugelfunken. „Wandernde" Leuchtmassen treten bei höheren Drucken selten, unter 5 cm aber in der Regel auf. Es gibt dann zwei Schaaren von Leuchtmassen, die eine zeigt von der Kathode langsam fortwandernde, die andere den ersten rasch entgegen eilende Leuchtmassen. Zwei auf einander treffende Leuchtmassen verschmelzen zunächst, die verschmolzene Lichtsäule verkürzt sich mehr und mehr und verschwindet schließlich spurlos. Im Punkte, in dem sie zusammentreffen ist die ausgezeichnete Stelle S wieder zu erkennen. Die Leuchtmassen wandern also rasch mit dem Strom, langsam gegen ihn.

Bei Drucken unter 1 cm theilen sich und verfließen die Leuchtmassen meist in fast regelloser Weise. Der tiefste Druck bei dem noch regelmäßig ausgebildete ruhende Leuchtmassen auftreten ist 0·007 cm, jedoch nur bei geringer Stromstärke, andernfalls erscheint die Anodenlichtsäule der gewöhnlichen Entladung in Geiß-

1) S. d. Jahrb. Bd. 27. S. 189. 1891.

lerröhren. Die Lichterfolge ist (r_1) a (r_2) (S) c′ d′, es fließen also r_2 und S zusammen. Ausgedehnte Lichter neigen zum Zerfall in Unterabtheilungen, Vermehrung der Stromstärke begünstigt diesen Zerfall. Auch die Schichtung der Anodenlichtsäule ist nur ein specieller Fall von secundärem Zerfall.

Die Eigenschaften dieses geschichteten Büschellichtbogens hat Töpler nun genauer untersucht.[1]) Die Entladung in Geißlerschen Röhren erscheint danach als ein Specialfall des Büschellichtbogens. Wenn man die durch einen großen Flüssigkeitswiderstand unter Einschaltung kleiner Capacitäten geschlossene 60 plattige Töplersche Maschine entladet, so zeigt sich bei geringer Stromstärke im fest eingestellten Schlagraum die bekannte Büschelentladung. Erreicht diese Stromstärke einen Grenzwerth c_1, so geht die Büschelentladung in einen Funkenstrom über, dessen Tonhöhe mit wachsendem Strome steigt, während seine Stromstärke abnimmt. Bei einer bestimmten Stromstärke c_2 tritt an Stelle des Funkenstroms mit discontinuirlichen Entladungen der nahezu continuirliche Büschellichtbogen, von dem soeben gesprochen worden ist. Bei abnehmender Stromstärke erhält man die umgekehrte Reihenfolge mit zwei Grenzstromstärken c_2' und c_1'. Dabei ist $c_1' = c_1$, aber c_2' merklich kleiner als c_2. Die Messung dieser Grenzwerthe ergab die Sätze:

1. Die Grenzstromstärke c_1 zwischen Büschelentladung und Funkenstrom ist nahe constant, unabhängig von der Schlagweite.

2. Die Grenzstromstärke c_2 zwischen Funkenstrom und Büschellichtbogen nimmt mit wachsender Schlagweite erst rasch, dann langsamer (etwa parabelbogenförmig) zu.

3. Es ändert wenig, ob der Widerstand der Anode oder Kathode vorgeschaltet ist.

4. Das Stromstärkengebiet, in dem ein Funkenstrom sich ausbildet, ist bei zugespitzter Anode — die andere Elektrode war eine Kugel — beiderseits, d. h. gegen die Büschelentladung und gegen den Büschellichtbogen hin, ausgedehnter, als bei zugespitzter Kathode, oder auch: die Ausbildung des zeitlich discontinuirlichen Funkenstroms erfolgt wesentlich leichter bei Entladung positiven als negativen Charakters.

Es wurden aber die Grenzstromstärken auch durch die Ca-

---

1) Wied. Ann. Bd. 66. S. 660. 1898.

pacität desjenigen Leiterstücks beeinflußt, welches zwischen Schlagraum und Widerstand liegt. Benutzt man z. B. ein Halbleiterstück gleichzeitig als Widerstand und als Elektrode, so geht die Büschelentladung ganz allmählich ohne Auftreten eines Funkenstroms in den Büschellichtbogen über. In diesem Fall ist die betreffende Capacität verschwindend klein. Ist sie klein, so ist c_2 noch nahe gleich c_1. Die Grenzstromstärken sind aber um so schärfer zu beobachten, je größer die Capacität ist, c_2 geht rasch in die Höhe. Da bei constanter mittlerer Stromstärke die Funkenzahl in der Secunde der Capacität umgekehrt proportional ist, so folgt: Ein Funkenstrom geht bei constanter mittlerer Stromstärke in den Büschellichtbogen über, wenn man durch Verkleinerung der Capacität die Zahl der Funken in der Zeiteinheit hinreichend vermehrt.

Es gibt einen kleinsten Grenzwerth der Stromstärke c_2 derart:

1. daß kleinere Stromstärken in keinem (noch so kleinem oder noch so großem) Schlagraume einen Büschellichtbogen erzwingen, daß also bei beliebiger Aenderung des Schlagraums immer nur Funkenstrom oder Büschellichtentladung auftritt;

2. Daß größere Stromstärken in kleinem Schlagraume Funkenstrom, in größerem Büschellichtbogen und in noch größerem wieder Funkenstrom veranlassen. Die Grenzwerthe der Schlagweite sind bzw. l und L. Mit wachsender Capacität nimmt auch der Minimalwerth der Grenzstromstärke c_2 rasch zu. Die Grenzschlagweite l ist diejenige, bei der der Büschellichtbogen soeben nur aus den Lichtern a, b, (S) d′ besteht.

Für alle Drucke gilt der Satz: Werden die Elektroden einander näher als bis auf einen bestimmten, vom Drucke und mittlerer Stromstärke abhängigen Abstand gebracht, so tritt an die Stelle der Dauerentladung ein Funkenstrom.

Potentialdifferenzen zwischen den Elektroden wurden mit einem Elektrometer nach Pockels gemessen. Dieses mißt die Potentialdifferenz zweier kleiner Condensatorplatten durch die Aenderung der Doppelbrechung (Verschiebung eines Interferenzstreifens) eines zwischen die Platten gestellten Quarzstücks. Bei allmählicher Stromverstärkung verschiebt sich, solange Büschelentladung herrscht, der Interferenzstreifen ohne wesentliche Schwankung. Wird c_1 überschritten, so verschwindet in dem Augenblicke, wo der Funkenstrom einsetzt, plötzlich der Interferenzstreifen. Die Potentialdifferenz schwankt so rasch in ihrem Werthe, daß der gleichfalls

rasch hin- und hergehende Interferenzstreifen höchstens als mattes breites Band erscheint. Sobald sich aber bei Ueberschreiten von c_2 der Büschellichtbogen gebildet hat, erscheint der Interferenzstreifen wieder in voller Schärfe. Der Büschellichtbogen brennt also ohne wesentliche Potentialschwankungen an den Elektroden, d. h. mit nahe constanter Potentialdifferenz. Diese ist im Vergleich zu den Verhältnissen bei Büschel- und Funkenentladung auffallend gering, im Vergleich zum Flammenbogen dagegen immer noch sehr groß.

Die Zunahme der Potentialdifferenz ist der Schlagweitenzunahme angenähert proportional und beträgt etwa 1700 Volt pro Centimeter. Es scheint also ganz wie bei Entladungen in Geißlerröhren, längs des Büschellichtbogens ein constantes Potentialgefälle zu herrschen. Jeder Centimeter Büschellichtbogen verbraucht 2 bis 3 Volt.

Die Potentialdifferenz an den Elektroden ist nahezu unabhängig von der Stromstärke, wenn die Entladung die Form des Büschellichtbogens besitzt.

Die von G. Wiedemann und Hittorf aufgestellten Gesetze für die Entladung in Geißlerröhren gelten auch für den Büschellichtbogen.

Die Töpler'schen Gleitfunken[1]) machen zwar die Glasoberfläche rauh, aber diese Veränderung beeinflußt ihre Bildung nicht merklich. M. Töpler hat daher den Einfluß der Elektricitätszufuhr auf die Länge der Funken untersucht.[2]) Man kann zwei Arten von Gleitfunken unterscheiden. Die erste Art wird hervorgebracht durch eine einmal in geeigneter Weise an den Polen auftretende Potentialdifferenz, die zweite durch Potentialdifferenzen, deren Werth mehrmals im Rhythmus oscillirender Batterieentladungen wechselt.

Ein Stanniolstreif, welcher auf die Rückseite einer Glasplatte geklebt ist, ist mit einem festen Pole p_2 leitend verbunden, der andere Pol p_1 ist verschiebbar und von dem Stanniolstreifen durch die Glasplatte isolirt; p_1 ist eine feine Stahlspitze. Die Polkugeln der 60 plattigen Töpler'schen Influenzmaschine sind mit den Innenbelegen zweier Schachtelbatterien verbunden. Die Batterieaußenbelege stehen mit den Polen p_1 und p_2 in Verbindung, eine Funkenstrecke F_1 ist parallel zu der letzteren eingeschaltet. Durch

1) S. d. Jahrb. Bd. 34. S. 190. 1898.
2) Wied. Ann. Bd. 66. S. 1061. 1898.

Einschaltung eines großen Flüssigkeitswiderstands parallel zu F_1 und den Polen p_1 und p_2 werden Schwingungen unmöglich gemacht. Entfernt man die Pole von einander, so erreicht man schließlich einen Abstand, bei welchem der Gleitfunken eben nicht mehr übergeht. Diese Länge gehört als größte zur Länge der Funkenstrecke zwischen den Maschinenpolen. Jetzt bildet sich eine längliche, der Richtung des Stanniolstreifens entsprechend ausgedehnte verästelte Lichtfigur, die sogenannte elektrische Rose. Diese zeigt unter verschiedenen Umständen große Verschiedenheiten. Bei der ersten Art der Gleitfunken erhält man weißlichgelbe, wenig verzweigte Funkenäste. Eine vielfach fein und zierlich verzweigte Rose erhält man erst bei der zweiten, durch Oscillationen hervorgerufenen Art von Gleitfunken. Die benutzten Batterien hatten eine Capacität von 80000 cm, der Flüssigkeitswiderstand besaß 5 Millionen Ohm. Eine Vergrößerung der beiden Werthe hatte keinen merklichen Einfluß auf die Länge der Gleitfunken.

Messungen ergaben für die Zunahme der Potentialdifferenz in Volt, welche je einen cm Gleitfunkenzuwachs entsprach folgende Werthe.

Gleitfunkenlänge	1·4	2·4	4·1	14·0	32·7	65	111
Voltzuwachs pro cm Gleitfunkenzuwachs	7500	4400	760	400	230	160	

Die Benutzung schon vorgebildeter Funkentheile erleichtert also eine Weiterverlängerung des Gleitfunkens mehr und mehr.

Eine Abhängigkeit der Gleitfunkenlänge davon, ob p_1 Anode oder Kathode ist, besteht nicht. Für jede Gleitfunkenlänge gibt es eine günstigste Stanniolstreifenbreite. Wird diese überschritten, so nimmt die Gleitfunkenlänge wieder ab.

Im Ganzen ist für Gleitfunken der ersten Art zu schließen, daß eine mit dem Ausgangspunkt des Ladungsstoßes (p_1) gleichnamige Ladung der Glasoberfläche die Ausbildung von Gleitfunken erschwert, eine ungleichnamige sie erleichtert. Denn wenn man p_1 soweit von p_2 entfernt, daß der Gleitfunken p_2 nicht mehr erreicht, so bleibt die Glasoberfläche geladen und der Elektricitätsausgleich erfolgt langsam durch den Flüssigkeitswiderstand. Jeder nachfolgende Ladungsstoß verkürzt sich jetzt immer mehr und mehr bis die elektrische Rose auf die unmittelbare Umgebung von p_1 zusammenschrumpft. Nähert man jetzt p_1 wieder p_2, so verhindert die Ladung zunächst die Gleitfunkenbildung und man muß p_1 sehr

nahe an p_2 heranbringen, wenn ein neuer Funken entstehen soll. Kehrt man dagegen die Ladung um, so erhält man sofort Funken deren Länge die frühere (bei ungeladener Glasfläche) maximale bei weitem übertrifft. Sie kann thatsächlich bis auf das dreifache der letzteren wachsen.

Die Gleitfunken zweiter Art erhält man, wenn man statt des großen Flüßigkeitswiderstands eine Drahtspule mit hoher Selbstinduction einschaltet. Die Gesamtentladung wird dann oscillirend. Der Zuwachs der Länge der Gleitfunken ist für große Schlagweiten dem Zuwachs der Länge des Funkens zwischen den Maschinenpolen proportional. Auch wenn man statt der Drahtspule einen Hochspannungstransformator schaltet und p_1 und p_2 mit den Polen der secundären Spule desselben verbindet, entstehen Gleitfunken. Waren beide Pole p_1 und p_2 vom Stanniolstreifen isolirt, so erhielt man bis zu 130 cm lange Gleitfunken. Auch folgendermaßen konnte verfahren werden. Man verbindet die Maschinenpole mit den beiden Belegungen einer Schachtelbatterie, diese mit p_1 und p_2 und schaltet eine Funkenstrecke F parallel. Es erschienen bei F sowohl wie bei p_1 p_2 intensive Funken. Der Funken bei F verursacht Oscillationen, welche Entladungen zwischen p_1 p_2 hervorrufen. Die Gesamtentladung endet wahrscheinlich im Gleitfunken. Kleinere Unterschiede sowie die Versuche die Erscheinungen zu erklären, werden hier übergangen.

Auch auf magnetische Felder reagiren elektrische Entladungen wie Precht[1]) gezeigt hat. Bisher sind solche Reactionen nur bei Entladungen in verdünnten Gasen beobachtet worden, es gelten da bekanntlich die elektrodynamischen Gesetze, aber eine Einwirkung des Magneten auf Entladungen in freier Luft zu constatiren war bisher nicht möglich. Precht hat nun Funken-, Büschel- und Glimmentladungen erhalten, welche magnetisch abgelenkt wurden. Auch hier gelten die elektrodynamischen Gesetze, also sind die elektrischen Entladungen bezüglich ihres magnetischen Verhaltens für alle Drucke gleichartig. Dabei ändern sich die Spannungsdifferenzen der Elektroden bei nahezu gleicher Stromstärke. Durch geeignete Mittel läßt sich dann sogar eine Entladungsform in eine andere überführen. Es hängt aber, im Gegensatz zu den Erscheinungen in Geißlerröhren, die Aenderung von der Form der Elek-

1) Wied. Ann. Bd. 66. S. 676. 1898.

troden und andern Erscheinungen, nicht aber von der Lage des Magneten ab. Wie schon Töpler zeigte, lassen sich bei jeder Entladung unter normalen Druck getrennte positive und negative Antheile, ähnlich denen im Vacuum unterscheiden. Man beobachtet den Einfluß des Magneten auf jeden dieser Theile für sich. Schon Lehmann hat gezeigt, daß bei Glimmentladungen beide Theile vorhanden sind und daß Bewegungen eintreten, in folge deren man elektrische Schatten beobachten kann. Precht hat ähnliche Schatten auf einer photographischen Platte mit einer Influenzmaschine zu stande gebracht. Die entgegengesetzten Bewegungsrichtungen beider Antheile verlaufen ganz unabhängig voneinander, ähnlich wie bei den Jonen. Die getrennten Beobachtungen lassen sich auch dadurch ermöglichen, daß man die Elektroden spitzer oder stumpfer macht. Abstumpfung der Elektrode wirkt wie eine Verminderung der Stromintensität. Man kann also den einen oder den andern Theil durch Zuspitzen der Elektrode zum Ueberwiegen bringen. Dieselben Erscheinungen lassen sich aber auch durch das Magnetfeld erzielen.

Die Versuche wurden mit einer Voß'schen Influenzmaschine angestellt. Als Elektroden dienten Messingdrähte verschiedener Form und Stärke, die in geeigneten Klemmen an einem Hartgummistab verschiebbar waren. Die Stromstärken wurden durch ein Galvanometer von d'Arsonval, die Potentiale durch ein Braun'sches Elektrometer gemessen.

Der eine der Drähte war zugespitzt, der andere halbkugelig; die Spitze war zunächst Anode. Beide Elektroden sind isolirt und der Magnet ist zur Erde abgeleitet. Bei 8 mm Elektrodenabstand erhält man eine gewöhnliche Funkenentladung. Der Magnet lenkt besonders den Theil von der Funkenmitte bis zur Kathode ab. Hier wie stets ist die Ablenkung in Uebereinstimmung mit den elektromagnetischen Gesetzen; die Potentialdifferenz geht herunter; der Funken an der Anode ist unveränderlich.

Erweitert man die Funkenstrecke auf 1 mm, so erhält man positive Büschelentladung. Durch Magnetisiren werden aus den Büscheln wieder Funken, während die Spannung stark sinkt. Wird der Elektrodenabstand so weit vergrößert, daß eben keine Funken mehr auftreten, so wird die positive Büschelentladung deutlich abgelenkt; die Potentialdifferenz ändert sich dabei nicht.

Ersetzt man beide Elektroden durch Drähte von 4 mm Stärke,

wobei die Anode zu einer feinen Kugel abgeschliffen ist, so gehen die bei 10·5 mm Abstand auftretenden Büschel bisweilen beim Magnetisiren in Funken über, oder aber es entsteht aus dem Büschel ein nach oben und unten abgelenkter Faden. Das letztere tritt stets ein, wenn man den früheren Draht von 2·5 mm Stärke als Kathode nimmt. Potentialänderung tritt nicht ein. Bei diesen Versuchen überwiegt der positive Theil des Funkens.

Der abgerundete Draht war Anode. Bei 8 mm Abstand erhält man Funken. Die Funken werden mit Leichtigkeit abgelenkt unter geeigneten Verhältnissen auf ihrer ganzen Länge. Die Potentialdifferenz wächst.

Bei 13 mm Abstand erhält man Büschel. Die Ablenkung ist wieder deutlich. Die Büschelfaden werden dabei zusammengedrängt. Die Potentialdifferenz wächst bei der Ablenkung.

Bei noch größerem Abstand entsteht Glimmentladung. Die Lichthülle der Anode ändert bei Magnetisirung ihre Form.

Funken- und Büschelentladungen können durch Magnetisirung in Glimmlichtentladung übergeführt werden, unter bedeutendem Anwachsen der Elektrodenspannung. Besonders groß ist dieses letztere, wenn Funken in Glimmlicht übergeführt werden.

Man kann sagen, der Magnetismus befördert die Entladung bei spitzer Anode und stumpfer Kathode und hemmt sie bei stumpfer Anode und spitzer Kathode.

Auch die elektrischen Schatten die ein Silberdraht auf der Anode erzeugte, erleiden durch den Magneten Formenveränderungen.

Bei diesen Schattenversuchen wurde ein mit Seide überzogener Metallknopf benutzt. Dieser zeigte nach genügender Exposition ein dauerndes Bild des Schattens. Dort war die blank polirte Fläche erhalten. Alle Stellen, an denen Glimmlicht aufgetreten war, zeigen das Seidengewebe bis in die feinsten Einzelheiten. Die veränderten Stellen liegen tiefer als die Oberfläche.

Die bisher beschriebenen Versuche waren mit äquatorial gestellter Entladungsstrecke angestellt. Um axiale Stellung zu erhalten, wurden die Pole bis zur Hälfte, den Axen der Pole parallel, abgeschliffen und die ebenen Schliffflächen horizontal gestellt. Auf diese wird eine photographische Platte gelegt und die Elektroden (spitze Kathode und abgerundete Anode) auf die Platte aufgesetzt. Man erhält positive Büschelentladung, die durch den

Magneten nicht sichtbar abgelenkt wird. Aber der hell leuchtende Punkt an der spitzen Kathode verläßt sehr bald das Metall und wandert langsam gegen die Kathode hin. Die Strecke zwischen Kathode und dem Büschel ist nahezu dunkel. Ist die Anode erreicht, so ist die ganze Entladungsstrecke dunkel, nur die Bahn des Büschels auf der Platte leuchtet mit sehr schwachem Licht. Das Funkenpotential ist sehr stark gesunken. Der Büschel hat eine feine Furche in das Bromsilber eingegraben. Sehr merkwürdig ist, daß das Wandern des Büschels durchaus nicht nur auf unbelichteten Platten, sondern auf exponirten, entwickelten und fixirten Platten ebenfalls eintritt. Die Spur zeigt dann im reflectirten Licht Metallglanz. Auf einer Platte, die zur Hälfte sehr dicht, zur andern sehr dünn ist, schreitet das Büschel nur von der dichteren Seite bis zur Grenze gegen die dünnere fort und ist nicht weiter zu bringen. Auf anderen von metallischen Körnchen freien Schichten, wie Gelatine, mattem Glas, Ebonit, Celluloid u. s. w. war ein ähnliches Wandern nicht zu beobachten. Erregt man den Magneten, unmittelbar nachdem das negative Pünktchen die Kathode verlassen hat, so erfolgt das Wandern des Punktes auf der horizontalen Platte für den vor dem Magneten stehenden Beobachter auf einem je nach der Magnetfeldrichtung nach hinten oder nach vorn abgelenkten Wege. Wechselt man die Magnetpole, so wechselt jedesmal die Marschrichtung des Pünktchens scharf. In der Nähe der Anode verläuft der Weg oft spiralig.

P r e c h t faßt seine Resultate in folgende Sätze zusammen:

1. Funken- Büschel- und Glimmentladungen in Luft von normalem Druck sind magnetisch ablenkbar. Der Sinn der Ablenkung ist in Uebereinstimmung mit den elektrodynamischen Gesetzen.

2. Auch in Luft lassen sich wie im Vacuum stets positive und negative Theile der Entladung unterscheiden, die in gewissem Maaße unabhängig von einander verlaufen. Durch passende Wahl der Elektroden und durch magnetische Kraft kann die eine oder die andere Entladungsstrecke zum Ueberwiegen gebracht werden. Das Ueberwiegen der einen oder der anderen Entladung hat eine entsprechende Aenderung der Entladungsf o r m zur Folge.

3. Mit den benutzten Elektroden können Funken,- Büschel,- Glimmentladungen fast beliebig in einander übergeführt werden.

4. Die Aenderung der Entladungsform ist mit einer Aen-

derung des Entladungspotentials verbunden. Der Sinn der Aenderung läßt sich daraus entnehmen, daß in den hier vorliegenden Fällen der Funkenentladung stets das kleinste, der Büschelentladung ein größeres, der Glimmentladung das größte Entladungspotential entspricht.

5. Wird durch das Magnetfeld die Entladungsform nicht geändert, sondern nur die bestehende Entladung abgelenkt, so ist Größe und Sinn der dabei auftretenden Potentialänderungen von den jeweiligen Versuchsbedingungen abhängig.

6. Bei der Glimmentladung zwischen negativer Spitze und positiver Platte ist der ganze Entladungsraum von negativ geladenem, gegen die Anode in Bewegung befindlichen Theilchen erfüllt. Starke Veränderungen der metallischen Oberfläche der leuchtenden Stellen der Anode sind mit dieser Entladung verbunden.

7. Magnetische Ablenkungserscheinungen sind auch bei axialer Stellung der Entladungsstrecke innerhalb des Magnetfeldes zu erhalten.

8. Das mittlere Entladungsgefälle ist in Luft von normalem Druck für die negative Entladung größer als für die positive, übereinstimmend mit dem Verhalten des Kathodenlichts bei der Glimmentladung im Vacuum.

Der Coherer. — Die von Branly entdeckte Erscheinung, daß eine mit Feilspähnen gefüllte Röhre von unendlich großem Widerstand durch Bestrahlung mit elektrischen Wellen leitend wird, welche bekanntlich beim Marconischen Verfahren praktisch verwendet wird, ist noch immer unerklärt. Eine ganze Reihe der verschiedensten Anschauungen und Theorien sind aufgetaucht, ohne daß es einer derselben gelungen wäre, den Sieg zu erringen. Berichte darüber finden sich in diesem Jahrbuch.[1]) Dieser Streit hat nun, der zunehmenden Wichtigkeit der Sache entsprechend, ziemlich große Dimensionen angenommen.

Im Wesentlichen sind es zwei Erklärungen, die sich gegenüberstehen. Branly ist der Meinung, daß durch Potentialschwankungen — seien diese nun durch elektrische Schwingungen oder durch

1) Bd. 32. S. 181. 1896. Bd. 33. S. 166. 1897. Bd. 34. S. 181. 1898.

eine galvanische Kette hervorgerufen — das zwischen den Feilspähnen liegende isolirende Medium „modificirt" werde, der Art, daß die neue Modification des Mediums ein Leiter sei. Lodge dagegen glaubt, daß die Oxydschichten auf der Oberfläche der Theilchen durch die Spannungen und in folge davon auftretenden Fünkchen zerstört werden und die Theilchen so in metallische Berührung kommen; daher schlug er den Namen „coherer" vor. Die empfindlichen Widerstände nannte er mikrophonische Contacte. Reuleaux schlug den Namen „Fritter" oder „Fritteröhre" vor, der andeutet, daß nicht nur Berührung, sondern sogar oberflächliche Schmelzung der einzelnen Metallkörnchen stattfindet.[1]) Die Anschauung von Lodge ist von andern dahin abgeändert worden, daß durch die auftretenden Fünkchen kleinste Metalltheilchen abgerissen werden, welche leitende Brücken bildeten. Preece hat eine Anordnung der Metalltheilchen in eine bestimmte Richtung angenommen, die durch die Bestrahlung herbeigeführt werden soll. Andere Erklärungen seien hier übergangen.

Bei diesem Stande der Frage sind nun eine ganze Reihe von Physikern mit Versuchen hervor getreten, welche die eine oder die andere der Theorien stützen sollen. Außerdem ist Auerbach[2]) mit einer neuen Theorie aufgetreten, nach welcher die Erscheinung eine Folge der elektrischen Ausdehnung ist, der ein Körper im elektrischen Felde unterworfen ist, und die bei elektrischen Schwingungen sogar zu periodischen Ausdehnungen und Zusammenziehungen des Körpers führen kann. Damit das Leitungsvermögen auch nach Aufhören der Schwingungen bestehen bleibt, werden Adhäsionskräfte hinzugezogen. Da diese Theorie mit den bisherigen zusammen Gegenstand der verschiedenen noch zu besprechenden kritischen Untersuchungen ist, sei mit ihr begonnen.

Wenn die Erklärung richtig war, so war zu vermuthen, daß auch akustische Wellen ähnliche Erscheinungen hervorriefen. Dies war in der That der Fall, freilich war die Wirkung viel geringer

1) Im Folgenden wird die Bezeichnung Coherer gebraucht werden. Dieses Wort, wie oft geschieht, „Cohärer" zu schreiben, scheint mir nicht correct, da es einmal vom englischen to cohere herkommt und wenn es vom lateinischen cohaereo oder cohaeresco abgeleitet werden sollte, weder „Cohärer" noch, wie Slaby meint, „Cohärirer", sondern „Cohäsor" heißen müßte.

2) Wied. Ann. Bd. 64. S. 611. 1898.

als bei elektrischen Wellen. Die akustischen Wellen verminderten den Widerstand. Verwendet wurden Metallfeilicht, Schräubchen und schließlich zwei sich lose berührende Kugeln. Diese letzteren gaben die regelmäßigsten und einfachsten Resultate, doch sind die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen, sie werden von F. Meyer in Stockholm ausgeführt. Es zeigte sich in allen genannten Fällen, und im letzten wiederum, gleichviel wie groß und aus welchem Material die Kugeln waren, eine „kolossale Verminderung des Widerstandes", sobald die Schwingungen einer Stimmgabel durch die Resonanz des Beobachtungstisches dem Coherer zugeführt wurden. Erst durch eine, wenn auch schwache, Erschütterung des Experimentirtischs wurde der frühere unendlich große Widerstandswerth hergestellt. Da man beim Aufsetzen der Stimmgabel leicht den Experimentirtisch schon erschüttert, so verlaufen die Versuche nicht sehr regelmäßig. Die Wirkung war ungefähr so stark, wie die eines Inductoriums mit Righi'schem Funkengeber in 20 cm Entfernung. Das Inductorium besaß 15 cm Funkenstrecke.

Außer diesen Resultaten giebt Auerbach noch folgende an:

Je kleiner der ursprüngliche, desto kleiner ist der schließliche Widerstand, mit der Maaßgabe jedoch, daß sich letzterer unter Umständen der Constanz nähert.

Je kleiner der ursprüngliche, desto größer ist der in Procenten desselben ausgedrückte endgültige Widerstand, oder, je größer der Anfangswiderstand, in desto größerem Maaße wird er herabgemindert.

Da die akustischen Wirkungen den elektrischen sehr gut parallel gehen, so nimmt Auerbach an, daß auch bei letzteren ähnliche Erscheinungen ihre Rolle spielen müssen wie bei ersteren. Allerdings ist er sich bewußt, daß man hier nicht von einer völlig sicheren, sondern nur wahrscheinlichen Analogie sprechen kann.

O. Leppin[1]) bestätigt die Auerbach'schen Entdeckungen. Er setzte den Coherer in einen Hertz'schen parabolischen Spiegel. Schon durch Hineinrufen in den Spiegel erhielt er eine Widerstandsverminderung. Mit Hilfe des Sprachrohres erhielt er Wirkungen aus 5 bis 6 m Entfernung. Eine Stimmgabel rief, allerdings nur in unmittelbarer Nähe dieselben Wirkungen hervor.

Von zwanzig Lippenpfeifen wirkte nur eine, diese aber auf

1) Wied. Ann. Bd. 65. S. 785. 1898.

20 m. Allerdings wirkte sie nicht von jeder Stelle aus. Ging man mit der Pfeife aber von einer solchen Stelle der Wirkungslosigkeit vorwärts oder rückwärts, so erhielt man einen Ausschlag der Nadel. Genauere Messungen zeigten, daß das Ausbleiben der Wirkung damit zusammenhing, daß eine bestimmte Wellenlänge, die dem Coherer entsprach, da sein mußte, und daß die Pfeife sich nicht an einem Knotenpunkte befinden durfte. Mit Hilfe eines in den Stromkreis des Coherers eingeschalteten Telephons konnte man die Töne der Pfeifen auf 40 m in einem gänzlich abgeschlossenen Raum hörbar machen. Legte man die Hand vorsichtig um den Coherer, ohne ihn zu berühren, so verschwand auch jedes Summen des Telephons. Die Hauptwirkung fiel auf das Ende des Tons. Wärme und Licht wirkten ebenfalls auf den Coherer, indem sie den Widerstand verminderten. Selbst eine Petroleumlampe wirkte noch.

Unter den kritischen Untersuchungen über diese Theorien sind nun zuerst drei Arbeiten von D. van Gulik[1]) hervorzuheben. Er gehört zu den Anhängern der Anschauung Lodges. Branly's Erklärung scheint ihm selbst erst noch der Erklärung zu bedürfen. Außerdem hält er es für unwahrscheinlich, daß Körper wie Oxyde, Paraffin, Wachs u. s. w. durch die elektrischen Strahlen gute Leiter werden. Paraffinschichten von 0·1 mm Dicke lassen selbst bei starker Erregung keine Elektricität durch. Branly hat gezeigt, daß sich das Leitungsvermögen einer mit Feilspähnen gefüllten Röhre allmählich vergrößert, wenn man immer mehr Elemente einer galvanischen Batterie einschaltet. Gulik hat den Versuch widerholt, aber nur mit einer Contactstelle (im Feilicht sind Oxydschichten von ganz verschiedener Dicke enthalten), und gesehen, daß der Widerstand ganz ungeändert blieb, bis er sich plötzlich von 100 000 Ohm auf etwa 4 Ohm verminderte. Dies läßt darauf schließen, daß die Wirkung erst eintritt, wenn im Coherer eine gewisse Potentialdifferenz vorhanden ist, bei welcher die Oxydschichten durchbrochen werden. Diese bleibt so lange, bis eine Erschütterung die Metalltheilchen wieder in eine andere Lage bringt.

1) Zittingsverl. Kon. Akad. v. Wet. 1895/96 S. 216. Beibl. Bd. 20. S. 659. 1896. Eine Untersuchung der von Branly entdeckten Erscheinungen von Widerstandsveränderungen. Dissertation. Groningen 1896. Beibl. Bd. 21. S. 140. 1897. Wied. Ann. Bd. 66. S. 136. 1898.

Eine andere Form des Versuchs zeigt dies noch besser. Die Enden eines Stromkreises sind zwei kurze dünne Platindrähte von 20 Mikron (= 0·001 mm) Dicke. Ihre Enden sind abgeschmolzen und bilden zwei kleine Kügelchen, welche durch Schrauben beliebig nahe an einander gebracht werden können. Der Vorgang wird durch ein Mikroskop mit 420 facher Vergrößerung beobachtet. Wurden die Kugeln elektrischen Schwingungen ausgesetzt, so sprangen Fünkchen über, und wenn der anfängliche Abstand der Kugeln 4 Mikron nicht überschritt, so flogen sie beim ersten Fünkchen zusammen und blieben nach beendeter Strahlung an einander haften. Hier riefen also die Hertz'schen Wellen einen mechanischen Vorgang hervor, der eine Verminderung des Widerstandes von Unendlich auf einen sehr kleinen Betrag zur Folge hatte. Den folgenden Versuch hält Gulik für entscheidend zwischen den beiden Anschauungen. Zwei Quecksilbertropfen werden mit Kreide eingestäubt. Man kann sie zur Berührung bringen, ohne daß sie zusammenfließen, selbst wenn man sie ziemlich stark zusammendrückt. Ein Strom wird durch die Kreideschicht vollkommen verhindert. Ist die Anschauung Branly's richtig, so muß die elektrische Leitung nur durch Veränderungen in der Kreideschicht vor sich gehen, ohne daß die Tropfen zusammenfließen. Es bleibt aber thatsächlich der Widerstand (bei zu dicker Kreideschicht) unendlich, oder er verändert sich, indem die Tropfen sogleich zusammenfließen. Versuche mit akustischen Schwingungen ergaben nicht die geringste Veränderung des Widerstands, trotzdem die Tropfen in lebhaftes Zittern geriethen. Selbst die kräftigsten akustischen Erregungen halfen nichts. Damit ist aber auch Auerbachs Erklärung unwahrscheinlich geworden. Ein kleines Fünkchen der Influenzmaschine läßt die Tropfen sofort zusammenfließen; wir haben also hier etwas anderes als den Vorgang bei Tonwellen, und die Verallgemeinerung Auerbachs erscheint nicht mehr zulässig. Denn mann kann nicht glauben, daß die von elektrischen Wellen erzeugten Pulsationen größer sind als die sichtbaren durch Töne erzeugten.

Auch Gulik weist die Vorstellung des Zusammenschmelzens zurück. Selbst wenn die Theilchen durch die elektrischen Kräfte einander genähert werden, bleibt die Oxydschicht zwischen ihnen. Uebrigens läßt sich die Erscheinung auch mit Kohlenkörnern hervorrufen. Da Lodge die anziehenden Kräfte bei elektrischen

Schwingungen für sehr groß hält, so hat Gulik auch in dieser Richtung Versuche gemacht. Einer Messingkugel steht ein Messingscheibchen gegenüber, das an die Schale einer Wage durch einen Draht befestigt ist, welcher mit einem Quecksilbercontact in Verbindung steht. Messingkügelchen und Messingscheibchen sind oxydirt. Ein Gewicht von 20 g, welches auf die Wagschale gelegt wird, bringt beide mit einem bestimmten Druck zur Berührung, aber ohne daß ein Strom durchgeht. Nimmt man das Gewicht weg und beeinflußt den Contact einen Augenblick durch die Spannung von 60 Volt (Accumulatorenbatterie), so wird der Widerstand augenblicklich auf 2 Ohm herabgemindert. Ist dies nur eine Folge elektrischer Anziehung, so mußte diese Anziehungskraft größer sein als 20 g, sie ist aber wie mit Hilfe der Wage festgestellt wurde nur sehr klein. Schon ein wenig Sand hält der Anziehungskraft das Gleichgewicht.

So bleibt nur noch übrig, die Bildung von „Brücken" zu untersuchen, die die Leitung übermitteln. Diese kann man sich aus kleinen fein zerstäubten Metalltheilchen hergestellt denken, welche der Funken, sei es durch mechanisches Mitreißen, sei es durch Verdampfung auf seiner Bahn vertheilt hat. Sie könnten auch die Leitung zwischen zwei in Paraffin oder Wachs eingeschlossenen Metallkörnern herstellen. Die nur aus feinstem Metallstaub bestehende Brücke wird durch Erschütterungen zerstört. Funken zwischen den Metalltheilchen sind sowohl bei den Coherer aus Metallfeilicht, wie auch bei den Quecksilbertropfen mit dem Mikroskop zu beobachten.

Branly hat auch Widerstandsvermehrung durch den Einfluß von Wellen beobachtet. Dies erklärt Gulik ebenfalls auf dem mechanischen Wege. Die Erscheinung zeigt sich besonders bei Kundt'schen Platinspiegeln auf Glas. Weder der Anfangswiderstand noch der durch die Schwingungen vergrößerte Widerstand läßt sich durch Stöße ändern, die Erscheinung ist also nicht mikrophonisch. Unter dem Mikroskop zeigen die Spiegel feine Risse. Die zwischen ihnen liegenden feinen Bahnen vermitteln den Stromübergang. Durch die Fünkchen werden diese Bahnen zum Theil zerstört, der Widerstand wird größer. Die Fünkchen sind im Dunkeln sichtbar. Die Wiederstandszunahme ist um so größer, je mehr Risse der Spiegel hat. Silberspiegel, die man durch Reiben mit leinenen Lappen mit Rissen versehen hat, zeigen die

Wirkung unter dem Mikroskop sehr deutlich, wenn man starke Entladungen (Leydener Flasche) durchgehen läßt. Der Spiegel hat große Spalten erhalten.

Eine Untersuchung von Arons[1]) bestätigt diese Anschauungen besonders dadurch, daß die gebildeten „Brücken" in einzelnen Fällen zu sehen waren. Arons verwendete Schwingungen in Lecher'schen Drähten. Der Coherer bestand aus zwei Stanniolstreifen, die spitz zugeschnitten und so auf Glas aufgeklebt waren, daß sie sich fast berührten. Dies wurde dadurch erreicht, daß man einen Stanniolstreifen in der Mitte noch nicht 1 mm breit schnitt und dann mit einem scharfen Messer quer zur Streifenrichtung einen feinen Schnitt führte. Auf die Unterbrechungsstelle wurde eine Spur Messingfeile, feinste Eisenfeile oder feinstes gefälltes Silber gebracht. Um die Präparate dauerhaft zu machen, tropfte Arons Kopallack oder Canadabalsam auf die Unterbrechungsstelle und deckte ein Deckgläschen darüber. Das Mikroskop mit dem Präparat wurde zwischen die Drähte gestellt. Der Anfangswiderstand war fast stets unendlich groß, nach der Bestrahlung erhielt man sofort Vollcontact, wenn die Spähne einigermaaßen dicht waren. Die Funken waren sehr deutlich zu sehen, die Metalltheile bewegten sich sehr lebhaft. Klopfen zerstörte den Contact, bisweilen nur, insbesondere bei Messing, ist der Contact hierdurch nicht wieder aufzuheben. Einzelne Spähne sind direct an das Stanniol angeschmolzen und oxydirt. Man entfernt sie mit einem Pinsel. Ist das Präparat eingebettet, so genügt Klopfen fast nie, sondern erst ein Druck auf das Deckglas zerstört den Contact. Sind die Schwingungen aber sehr kräftig, so werden die Brücken, besonders in der Nähe des Schwingungsbauches unter lebhafter Bewegung und Funkenbildung völlig zerstört. Der bisherige Vollcontact geht in den Widerstand Unendlich über. Eine Brücke muß schon sehr solide gebaut sein, wenn sie diesen starken Schwingungen Trotz bieten soll. Bei den praktisch verwendeten Coherern überwiegen offenbar die neugebildeten Brücken die zerstörten. Arbeitet man mit eingebetteten Präparaten längere Zeit, so läßt sich überhaupt kein Contact mehr herstellen. Die Einbettung enthält eine Menge kleine Gasbläschen. Nach einiger Zeit verschwinden die letzteren wieder und das Präparat ist wieder brauchbar. Als bei

1) Wied. Ann. Bd. 65. S. 567. 1898.

einem Stanniolpräparate der Schnitt besonders glatt und fein ausgefallen war (Breite = 0·019 mm) wurde es ohne Metallpulver den Schwingungen ausgesetzt. Es entstanden Fünkchen und der Widerstand ging von Unendlich auf 107 Ohm herunter. Mikroskopische Untersuchung zeigte, daß der Zwischenraum ziemlich gleichmäßig mit einen feinen braunen Ueberzug bedeckt war, der hart an den Rändern durch einen feinen Strich von dem etwas ausgefranzten Stanniol getrennt war. Hier hatte offenbar durch reine elektrische Vorgänge eine Brückenbildung stattgefunden. Der Ueberzug ließ sich mit den Pinsel leicht beseitigen.

Dorn [1]) schließt sich ebenfalls den Anschauungen von Lodge an. Er hat eine große Reihe der verschiedensten Metalle unter den verschiedensten Umständen untersucht. Theils waren die Metalle in Luft, theils im Vacuum, oder sie befanden sich in einem anderen Gase. Auch bei verschiedenen Temperaturen wurden Untersuchungen angestellt.

Die erste Gruppe der untersuchten Metalle waren die luftbeständigen und zwar Platin, Silber, Nickel. Alle drei Metalle zeigten so gut wie keine Wirkung, weder in Luft, noch im Vacuum, noch bei hoher Temperatur.

Von den Metallen, die an der Luft ihre Oberfläche verändern waren wirksam Aluminium, eine ganz bestimmte Nickelsorte, Eisennickel, Eisen, Kupfer, Zink. Sie zeigten alle Wirkungen theils bei Erregung durch elektrische Wellen, theils durch eine Stimmgabel. Die Wirkungen waren aber selbst bei demselben Metall sehr verschieden, ja sie blieben öfters ganz aus.

Die beim Erhitzen im Vacuum abgegebenen Gase waren Kohlensäure, Wasserstoff und Kohlenoxyd.

Die Schichten auf der Oberfläche der Metalle wurden auf ihre Leitfähigkeit untersucht. Dieselbe war sehr gering, nahm durch Trocknen und Glühen noch erheblich ab, bei Berührung mit atmosphärischer Luft aber, offenbar durch Aufnahme von Feuchtigkeit, erheblich wieder zu.

Da die luftbeständigen Metalle so gut wie keine, von den andern Kupfer und Zink anfangs eine sehr geringe und erst später eine größere Wirkung zeigten, so glaubte Dorn einen Einfluß der Oberflächenschicht annehmen zu sollen. Die Beobachtung steht

1) Wied. Ann. Bd. 66. S. 146. 1898.

übrigens in directem Widerspruch mit der gleich zu erwähnenden Arbeit von Aschkinaß.

Bei Platin vergrößerte das Vacuum den Widerstand und elektrische Wellen wirkten gar nicht mehr. Demnach kann die Gasschicht keinen Einfluß haben. Aluminium war gegen Erwärmen und Evacuiren unempfindlich. Al_2O_3 hat im trocknen Zustande einen höheren Widerstand als im feuchten und ist im Uebrigen nicht angreifbar. Es bildet also eine isolirende Schicht, die erst durchbrochen werden muß.

Bei Nickel, Eisen, Kupfer, Zink nimmt der Widerstand durch Erhitzen und Auspumpen ab, während die trockenen Oxydschichten der Oberfläche schlechter leiten als die feuchten. Wasserstoff und Kohlensäure erhöhen den Widerstand wenig nach dem Evacuiren, atmosphärische Luft stellt die Oxydschichten wieder her und erhöht damit den Widerstand.

Bei den Metallen, die durch Erhitzen im Vacuum keine Verminderung des Widerstands zeigten, aber große Aenderungen dieser Größe vor dem Evacuiren, nach demselben und nach Einlassen von Luft oder anderen Gasen aufweisen, war keine Einwirkung der elektrischen Wellen zu verspüren. Dies ist an sich merkwürdig, und mit der Auffassung Branlys nicht vereinbar.

Dorn findet in der Erklärung von Lodge allein das richtige. Es werden die Oberflächenschichten durchbrochen u. Brücken gebildet.

Zu den Gegnern der Theorie von Lodge gehört Aschkinaß.[1]) Er weist zunächst auf die schon erwähnte Widerstandsvergrößerung hin, die Platinspiegel und in viel regelmäßigerer Weise Bleisuperoxyd (PbO_2) zeigen. Bei der letzteren Substanz hebt Erschütterung die Wirkung auf, bei Platinspiegeln nicht. Auch Kupfersulfid (CuS) zeigt dieselbe Wirkung wie Bleisuperoxyd. Ferner hat Aschkinaß zwar die Versuche von Arons mit Erfolg wiederholt, aber keine Regelmäßigkeit finden können. Besonders erhielt er bald Verminderung, bald Vermehrung des Widerstandes, wenn er stärkere Erregungen anwandte. Die Widerstandsänderungen blieben auch nicht immer bestehen, sondern verschwanden bisweilen wieder mit der elektrischen Erregung. Auch zeigten sich Funken, ohne daß eine Widerstandsänderung auftrat. Bei schwächeren Erregungen war stets eine Verminderung, niemals

1) Wied. Ann. Bd. 66. S. 284. 1898.

aber eine Funkenbildung, mochte man auch mit noch so starken Vergrößerungen beobachten, wahrzunehmen. Die Beobachtungen stimmen mit denen von Arons in den wesentlichsten Punkten überein, mit Ausnahme der Funkenbildung. Aschkinaß meint aber nur den Schluß ziehen zu dürfen, daß an den Contactstellen bei schwachen Erregungen ausnahmslos eine Widerstandsverminderung ohne Funkenbildung auftritt, bei starken Erregungen sich dagegen Funken und unregelmäßige Beeinflußungen des Widerstands zeigen, mit anderen Worten, daß die Erscheinung in völliger Reinheit nur bei schwachen Erregungen zu beobachten ist; wenn letztere sehr kräftig ist, lagern sich durch die Funkenbildung veranlaßte andere und zwar unregelmäßige Erscheinungen über. Selbst wenn die Funken in allen Fällen auftreten sollten, so wäre noch zu untersuchen, ob sie die Ursache der Cohererwirkung sind, und welche der vielen Begleiterscheinungen der Funken dann als Erklärung heranzuziehen wäre. Außerdem läßt sich zeigen, daß auch dann die Erscheinungen bestehen bleiben, wenn man den Coherer so weit auspumpt, daß Entladungen eines Inductoriums nicht mehr hindurch gehen.

Auch die Annahme einer chemischen Zersetzung läßt sich kaum halten, da diese bei PbO_2 erst nach intensiver und langandauernder Temperatursteigerung eintritt, während die Wirkung der Schwingungen schon in Bruchtheilen einer Secunde sehr große Widerstandssteigerungen hervorruft. Auch ließ sich die chemische Zersetzung nicht nachweisen.

Um zu untersuchen, ob Veränderungen in der Oxydschicht die Ursache seien, wurden eine Reihe von Versuchen angestellt. Zunächst gelang die Anwendung von Edelmetallen, wenn man sie nur genügend durchschüttelte. Auch sorgfältig von Oxydschichten befreites Kupfer gab dieselben Resultate. Ganz dasselbe zeigten zwei geglühte und dann rasch in Methylalkohol getauchte Kupferdrähte. Sie reagirten, auf diese Weise reducirt, unter der Flüssigkeit gerade so gut, wie nicht reducirt in Luft oder in der Flüssigkeit. Höchstens dauerte es etwas länger, bis die richtige Einstellung gefunden war.

Ein Einfluß der an der Oberfläche verdichteten Gase war ebenfalls nicht nachzuweisen. Der Coherer reagirte in der Luft und im Vacuum gleich gut, auch nachdem er im Vacuum mehrere Tage stark erhitzt war.

Ferner wurde ein Coherer bei Zimmertemperatur und in siedendem Wasser geprüft. Die Wirkungen waren dieselben. Erwärmte man den leitend gewordenen Coherer durch eine Bunsenlampe weiter, so wurde er wieder nichtleitend. Maaßgebend für die Widerstandserhöhung ist also nur die Temperaturänderung. Das ist auch noch der Fall, wenn sich der Coherer im Vacuum befindet. Bei allen diesen Versuchen wird man übrigens leicht dadurch irregeführt, daß durch die thermische Ausdehnung allein schon ein besserer Contact hergestellt wird; also der Widerstand kleiner wird.

Will man diese letzte, thermische Wirkung erklären, so könnte man annehmen, daß durch die Ausdehnung die Metalltheilchen verschoben werden, wodurch der Contact an manchen Stellen zerstört wird. Dann müßte aber die Abkühlung erst recht dieselbe Folge haben. Aber eine Abkühlung beeinflußt den durch elektrische Erregung verkleinerten Wiederstand gar nicht. Dagegen reagirte er immer auf Erschütterungen und elektrische Wellen. Selbst eine Abkühlung auf —100° hatte keinen Einfluß. Dagegen war der Coherer gegen Temperaturerhöhung äußerst empfindlich.

Hatte andererseits der Coherer zu Anfang die Temperatur t_0 (z. B. 16°), wurde er dann auf t_2 (z. B. 17°) erwärmt, ohne daß, der zu geringen Erwärmung wegen, Vergrößerung des Widerstands eintrat, sodann auf t_1 (z. B. 12°) abgekühlt, wieder ohne jeden Einfluß, und dann nochmals auf t_2 erwärmt, so kehrt der Widerstand sofort auf seinen hohen Anfangswerth zurück. So wurde der Anfangswiderstand sofort hergestellt, wenn man das Kältebad entfernte, so daß der Coherer wieder auf die anfängliche Zimmertemparatur kam.

Auch die Widerstandsverminderung durch Anlegen einer Potentialdifferenz hat Aschinaß beobachtet. Die niedrigste Spannung, bei welcher eine Widerstandsverminderung eintritt, nennt er die „kritische". Die Erscheinung ist der Grund dafür, daß Aschinaß erst dann den Stromkreis des Coherers schließt, nachdem er erregt worden ist. Es liegt nahe zu vermuthen, daß der Eintritt der Cohererwirkung stets an das Vorhandensein einer Potentialdifferenz von bestimmtem Mindestmaaß geknüpft ist; diese konnte aber auch durch stehende elektrische Schwingungen zu Stande kommen. Allerdings ist hier auch eine Art elektrischer Entladung angenommen, aber ohne die von Lodge

und seinen Anhängern hinzugezogenen mechanischen Begleiterscheinungen.

Vor Allem, meint Aschkinaß, ist es nöthig, eine Theorie der Elektricitätsleitung in Metallen zu haben, ehe man an die endgiltige Erklärung des Coherers gehen kann. Sie wäre vielleicht als Analogon zu der Theorie der Leitung in Elektrolyten denkbar.

So interessant diese Untersuchungen sind und so viele Fingerzeige sie für die praktische Verwendung des Coherers geben, so ist doch eine endgiltige Erklärung durch sie noch nicht gewonnen worden. Die Erscheinungen sind vor der Hand noch zu wenig klar.

Elektrische Schwingungen. — Die sogenannte multiple Resonanz, d. h. das Auftreten von Oberschwingungen ist schon mehrfach Gegenstand der Besprechung im Jahrbuch gewesen.[1] M Lamotte[2] hat jetzt geprüft, ob die Oberschwingungen mit der Kirchhoff'schen Theorie in Einklang zu bringen sind oder nicht. Lamotte arbeitete sowohl mit der Lecher'schen wie mit der Blondlot'schen Anordnung.

Bei der Lecher'schen Drahtcombination brachte er eine Brücke unmittelbar hinter den Condensatorplatten des secundären Systems an, und ließ diese dauernd an ihrem Orte. Eine zweite Brücke wurde verschoben und eine Zehnder'sche Röhre wurde stets in der Mitte zwischen beiden Brücken gehalten. Verschiebt man die Zehnder'sche Röhre von einer Brücke zur andern, so können zwei Fälle eintreten. Entweder giebt es zwischen beiden Brücken nur ein Maximum des Aufleuchtens der Röhre und die Minima fallen in die Brücken selbst, oder die Minima haben Abstände von den Brücken, fallen also nicht mit ihnen zusammen. Im ersten Falle ist die Entfernung beider Brücken eine halbe Wellenlänge der Schwingung des vor der Brücke liegenden Drahtsystems, im zweiten Falle beträgt sie mehrere Wellenlängen, die von der Wellenlänge des Systems vor der festen Brücke verschieden sein können. Dann hat man also in dem letzteren System mehrere Schwingungen. Lamotte verfuhr so, daß er die bewegliche Brücke von der festen an nach rückwärts verschiebt, die Röhre aber immer in der Mitte zwischen den beiden Brücken läßt. Jedes Aufleuchten

1) Bd. 27. S. 206. 1891. — Bd. 32. S. 174. 1896.
2) Wied. Ann. Bd. 65. S. 92. 1898.

der Röhre entspricht einer Schwingung im Erreger. Die langsamste ist die Grundschwingung, die anderen sind die Obertöne.

Es ergab sich:

1. Die Reihe der Oberschwingungen ist im allgemeinen keineswegs harmonisch.

2. Die Intervalle streben nach denjenigen der harmonischen Reihe, welche nur ungerade Glieder enthält, wenn die Capacität klein gegen die Länge des Erregersystems wird.

Die Versuche bestätigen also die Kirchhoff'sche Theorie.

Auch bei der Blondlot'schen Combination sind keine harmonischen Obertöne vorhanden.

Im allgemeinen sind die Resultate noch nicht exact genug, widersprechen auch den Messungen Anderer.

Latrille[1]) hat die Wirkung eines Spalts auf elektrische Wellen untersucht. Sein Erreger bestand aus drei kleinen Kugeln, von denen die äußeren mit dem Inductorium verbunden waren, während die Funken nach der mittleren übersprangen. Der Coherer befand sich in einem cylindrischen Blechgefäß, dessen Deckel einen Spalt besaß, welcher sowohl der Länge wie der Breite nach in weiten Grenzen veränderlich war. Die Leitungsdrähte, das Element und das Galvanoskop waren sämmtlich vollständig gegen Wellen geschützt. Quantitative Beobachtungen ließen sich hiermit nur angenähert ausführen, da das Leitungsvermögen des Coherers sich nur unregelmäßig und nicht der Intensität der Bestrahlung folgend ändert. Um aber wenigstens einen ungefähren Anhalt zu haben, war der Deckel mit dem Spalt drehbar angebracht. Er läßt nämlich im wesentlichen nur dann Strahlen durch, wenn er senkrecht zum Erreger ist; ist er dagegen mit dem Erreger parallel, so werden alle Strahlen von den Spalträndern absorbirt. Es wurde nun bei verschiedenen Breiten und Längen des Spaltes und schließlich auch bei verschiedener Stellung des Erregers zum Coherer der Winkel bestimmt, um welchen man den Spalt aus der mit dem Erreger parallelen Lage heraus drehen mußte, bis der erste Ausschlag am Galvanoskop kam.

Es zeigte sich nun, daß die elektrische Energie, die den Spalt passiert, von folgenden sieben Umständen abhängt: 1. von der Richtung des Spalts zum Erreger, 2. von der Länge des Spalts,

1) Wied. Ann. Bd. 65. S. 408. 1898.

3. von seiner Breite, 4. von seiner Entfernung vom Erreger 5. von den Dimensionen des Coherers, 6. von seiner Entfernung vom Spalt, 7. von seiner Richtung zum Spalt bezw. zum Erreger.

Daß bei paralleler Stellung des Erregers zum Spalt keine Energie durchgelassen wurde, zeigte sich innerhalb sehr weiter Grenzen und z. B. auch dann, wenn die Länge des Spalts seine Breite nicht wesentlich übertraf (3 : 2 oder 4 : 3 u. s. w.). Macht man den Spalt länger, so geht immer mehr Energie durch und zwar wächst diese erst ziemlich rasch, später aber langsamer. Vergrößert man dagegen die Breite des Spalts, so nimmt die Energie erst langsam und dann immer rascher zu. Mit zunehmender Entfernung nimmt die Energie natürlich ab. Waitz hat beobachtet, daß der Spalt bei passenden Dimensionen eine Verstärkung der Ausschläge des Galvanometers hervorrief. Die Dimensionen des Spalts hingen dabei von der Wellenlänge der elektrischen Schwingungen ab. Latrille hat dies nie beobachtet. Der Vorgang ist jedenfalls sehr complicirt. Sicher treten an den Rändern des Spalts Beugungserscheinungen ein, zu denen sich dann noch Reflexionen im Innern des Blechgefäßes gesellen.

Wird der Coherer dem Erreger parallel gestellt, so spricht er besser an, als wenn er senkrecht zu ihm steht und zwar am besten, wenn der Spalt zu beiden senkrecht steht. Auch hier waren die Verhältnisse einigermaßen verwickelt, wenn man die Entfernungen änderte.

Die Erklärung der Erscheinungen beruht darauf, daß ein Leiter die elektrischen Wellen absorbirt, wenn er parallel zu ihrer Schwingungsrichtung steht, und in diesen Falle eine Schirmwirkung auf die Umgebung ausübt. Diese Schirmwirkung wird von den Rändern ausgeübt und zwar werden die Längsränder den Spalt eher vollständig schirmen, als die Querränder, weil sie näher an einander liegen. Ließ der Spalt Wellen durch, so genügte eine metallische Ueberbrückung, um jede Erregung des Coherers zu überwinden. Bei großer Spaltlänge waren dazu Bleche nöthig, bei kürzerer genügte ein dünner Draht.

Uebrigens sendet der Erreger auch Wellen aus, die in andern Richtungen als seiner eigenen schwingen. Der Spalt übt eine polarisirende Wirkung auf diese Wellen aus, er läßt hauptsächlich die zu ihm senkrechte Componente hindurch.

Waitz[1]) hält an seinen Beobachtungen, daß der Spalt die Wirkung des Erregers unter Umständen verstärken kann, fest. Er erklärt sie durch Bildung von stehenden Wellen am Spalt, deren Länge von den Dimensionen des Spalts bestimmt wird. Ist diese Länge gleich der Länge der Eigenschwingungen des Erregers, so ist der Ausschlag am größten. Tritt aber ein Knoten in der Spaltmitte auf, so ist dort ein Minimum der Wirkung. Verschiebt man den Empfänger jetzt längs dem Spalt, so erhält man wieder die frühere stärkere Wirkung sobald der Empfänger einem Bauche gegenüber steht. Die Differenz zwischen Latrille und Waitz erklärt sich wohl einfach dadurch, daß der erstere seinen Spalt nicht lang genug machen konnte.

Kathodenstrahlen. — Den Verlauf der Potentialgradienten in Geißler'schen Röhren untersuchte Graham.[2]) Er maaß die Gradienten zuerst mit festen Sonden, nämlich 4 oder 6 eingeschmolzenen Platindrähten, die er an ein Quadrantenelektrometer anschloß. Sodann wurde auch eine bewegliche Sonde verwendet. Natürlich konnte er keine unstetigen Entladungen eines Inductors verwenden, sondern er benutzte den Strom einer Acculumatorenbatterie von 600 Elementen. Die Constanz des Stromes prüfte er mit einem Telephon. Die Röhren waren mit wenigen Ausnahmen mit Stickstoff gefüllt, auf dessen Reinigung große Sorgfalt verwendet wurde. Die letzten Spuren Sauerstoff und Wasser wurden durch nascirendes Natrium beseitigt, welches nach der Methode von Warburg[3]) elektrolytisch durch die Glaswand in das Innere des Rohrs gelangte. Die bewegliche Sonde bestand aus zwei von einander isolirten, durch ein Glasrohr geleiteten Kupferdrähten, an die Platindrähte gelöthet waren, die in 2 mm Abstand senkrecht zur Rohraxe in das Rohr hineinragten. Das Glasrohr wurde nach der von Wood angegebenen Methode in das Geißlerrohr hineingeschoben.[4]) Das positive Licht war nicht immer ruhig, sondern, besonders bei Wasserstofffüllung flackernd. Die verschiebare Sonde nahm die Schichtungen mit, ähnlich wie dies bereits Wood beobachtet hatte. Die Resultate der sehr detailreichen Untersuchungen sind folgende:

1) Wied. Ann. Bd. 66. S. 308. 1898.
2) Ebendas. Bd. 64. S. 49. 1898.
3) Dies. Jahrb. Bd. 27. S. 201. 1891.
4) Ebendas. Bd. 33. S. 151. 1897.

Im positiven Theil der Strombahn ist der Potentialgradient an den dunkeln Stellen kleiner als an den benachbarten leuchtenden Stellen, sowohl in dem sogenannten dunkeln Raume, als in den dunkeln Stellen zwischen zwei hellen Schichten.

Im sogenannten dunkeln Raume ist der Potentialgradient nicht constant, sondern nimmt im allgemeinen gegen die Kathode hin ab. Doch können in ihm auch Maxima und Minima des Gradienten auftreten, wie bei den Schichten des leuchtenden Theils der positiven Bahnstrecke. Im negativen Glimmlicht wird der Gradient noch kleiner als im dunkeln Raume und erreicht an der Grenze des Crookes'schen dunkeln Raums seinen kleinsten Werth. In Bezug auf das Verhalten des Gradienten gehört der von den Glimmstrahlen erfüllte Theil zum dunkeln Raum.

Bei höheren Drucken kann ein Theil des dunklen Raums an der Anode einen constanten hohen Gradienten, wie sonst das ungeschichtete positive Licht, zeigen, verbunden mit Phophorescenz des angrenzenden Glases.

Im positiven Theile der Strombahn ist eine negative Ladung vorhanden, die jedoch gegen die positive Ladung des negativen Theils sehr klein ist.

Bei der geschichteten Entladung ist von der, der Anode zugewandten Seite jeder Schicht eine positive, an der andern eine negative Ladung vorhanden. Der Verlauf des Gradienten zwischen zwei hellen Schichten entspricht dem Verlauf im ganzen Rohr. In dem Raume zwischen den Mitten zweier benachbarter Schichten ist eine überwiegende positive Ladung vorhanden. Dieses Resultat scheint von Interesse zu sein im Zusammenhang mit der von Goldstein aufgestellten Theorie, wonach jede Schicht eine Theilentladung bildet.

Unmitelbar vor der Kathode besitzt der Gradient einen Minimalwerth und ebenso wurde in fast allen Versuchen vor der Anode ein Minimum gefunden.

E. Wiedemann u. Schmidt[1]) haben diese Untersuchungen fortgesetzt. Vor allen Dingen beschäftigte sie die Frage, ob das Potentialgefälle dasselbe ist, wenn man die Entladungen durch eine große Accumulatorenbatterie oder durch eine Influenzmaschine hervorruft, also ob man continuirliche oder discontinuirliche Ströme

1) Wied. Ann. Bd. 66. S. 314. 1898.

verwendet. Es zeigte sich, daß das Potentialgefälle beidemal das gleiche war.

Zunächst zeigten sich dieselben Resultate wie bei Graham und einer früheren Untersuchung von A. Herz.[1]) Das Potentialgefälle nimmt von der Anode zur Kathode ab, es ist zwischen zwei Sonden im dunkeln Raum sehr klein, wächst aber stark, wenn das positive Licht durch Aenderung der Stromstärke bis zu den Sonden herangeschoben wird.

Dieses Resultat wurde nun mit Messungen verglichen, die sich auf dieselben Erscheinungen bezogen, aber unter Anwendung einer 20 plattigen Influenzmaschine. Sobald dem Aussehen nach gleiche Entladungserscheinungen bei Influenzmaschine und Accumulatorenbatterie vorhanden waren, waren bis auf wenige Procent (im Maximum 10% meist aber weniger) die Potentialgradienten gleich. Auch diese Unterschiede können noch von den Ungleichheiten in den Erscheinungen herrühren, vor allem aber daher, daß die Entladung bei Anwendung der Influenzmaschine nicht absolut stetig war, sodaß häufig die Elektrometernadel um einige Millimeter schwankte.

Sobald disruptive Entladungen auftreten, ist die Verwendung von Sonden nicht mehr ohne weiteres möglich. Bei solchen Entladungen, sowie bei engen Röhren muß man aus calorimetrischen Messungen die Entladungspotentiale ermitteln.

Eine kurze Röhre aus Glas wurde über das Geißlerrohr geschoben und mit Siegellack befestigt. Sie war mit Wasser gefüllt und diente als Calorimeter. Direct oberhalb und unterhalb desselben befand sich eine Sonde. Die mit Sonde gemessenen und aus den calorimetrischen Werthen ermittelten Potentialgradienten waren gleich.

Geht man von einer engen Capillarröhre, die von discontinuirlichen Entladungen durchflossen wird, zu einer weiten Röhre von 1800 mal größerem Querschnitt, durch die ein constanter Strom fließt, über, so steigt das Potentialgefälle etwa nur auf das 2 bis 3 fache. Könnte man auch durch das Capillarrohr einen constanten Strom schicken, so wären die Unterschiede wohl noch kleiner. Hieraus folgt, daß beim Uebergang aus einem weiten Rohr nach einem engeren der Potentialgradient einen im Verhältniß zur Querschnittsänderung relativ kleinen, absolut aber ziemlich großen Sprung erfährt, und zwar einen Sprung, der auf einer ganz

1) Wied. Ann. Bd. 54. S. 244. 1895.

kurzen Strecke eintritt. An einer solchen Uebergangsstelle häuft sich dann freie Elektricität an, und zwar an der Eintrittsstelle des positiven Stroms nach einem Capillarrohr positive, an der Austrittsstelle aus dem Capillarrohr negative Elektricität.

Mit früheren Untersuchungen zusammen ergeben sich folgende Sätze.

Der Potentialgradient in einem Gase von bestimmtem Druck ist in sehr weiten Grenzen von der Art, in der die Entladung vor sich geht, und der Weite der Röhre abhängig.

Die an eine Gasmasse von gegebenem Druck von einer bestimmten hindurch gehenden Elektricitätsmenge abgegebene Energie ist nur wenig von der Weite der Röhren und von der Art der Elektricitätsbewegung (disruptiv oder continuirlich) abhängig, dabei ist es gleichgiltig, ob man die abgegebene Energiemenge aus den Potentialgradienten oder aus der Erwärmung des Gases ermittelt.

Für den Energieverbrauch in einem Gase unter wechselnden Umständen scheint dieser Satz dieselbe Rolle zu spielen, wie bei gewöhnlichen Leitern der Satz, daß der specifische Leitungswiderstand von den Dimensionen und der Stromstärke unabhängig ist.

Bei Belichtung mit ultraviolettem Licht eines stromdurchflossenen Gases ändert sich bei Stickstoff und Chlor der Potentialgradient noch nicht um 0·01%. Auch von einer etwaigen Photoluminescenz ist das Potentialgefälle unabhängig.

Das Potentialgefälle an der Kathode wird zum Theil zur Erzeugung von Strahlen verwendet, die im Glimmlicht und an anderen Stellen absorbirt werden.

Da auf der positiven Lichtsäule nach den obigen Messungen die direct gemessenen und aus den Wärmeentwicklungen berechneten Potentialgradienten innerhalb der Fehlergrenzen übereinstimmen, so wird in ihr die gesammte elektrische Arbeit dort, wo sie geleistet wird, auch in Wärme umgesetzt.

Im Glimmlicht ist ein Maximum der Erwärmung und ein Minimum des Potentialgradienten.

Was die Kathodenstrahlen für sich anlangt, so sind die Untersuchungen darüber sehr zahlreich und die Meinung greift immer mehr Platz, daß sie nicht Strahlen, also Schwingungen, sondern elektrisch geladene feinst vertheilte Materie sind, so fein vertheilte, daß die Materie andere Materie zu durchdringen im Stande ist. Man kommt damit der Auffassung von Crookes näher.

Diese Meinung ist zuerst von Wichert[1]) ausgesprochen worden. Die bewegten Theilchen, die elektrischen Atome, die nicht mit den „chemischen Atomen" zu verwechseln sind, haben negative Ladung und ihre Bahnen sind die Kathodenstrahlen. Ihre Ladung ist ihnen eigenthümlich und kann sich nie ändern.

Es ergab sich nach Versuchen, die von Warburg herrühren, daß die Masse eines solchen elektrischen Atoms bezogen auf das Wasserstoffatom $^1/_{400}$ und seine Gewindigkeit größer als $4.10^8 \frac{cm}{sec}$ ist. Diese letztere Geschwindigkeit kann man als die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Kathodenstrahlen ansehen. Unter Benutzung der Versuche Anderer ergeben sich als Grenzen für die Masse der elektrischen Atome, das Wasserstoffatom gleich 1 gesetzt, $^1/_{4000}$ und $^1/_{200}$. Auch J. J. Thomson[2]) schließt sich der Meinung Wicherts an. Er weist ebenfalls mitgeführte negative Elektricität nach. Die Geschwindigkeit, die er ausrechnet, beträgt ungefähr $4.10^9 \frac{cm}{sec}$. Diese Berechnungen stützen sich auf die Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen durch den Magneten. Die von Birkeland[3]) entdeckte spectrale Zerlegung der Kathodenstrahlen unter Einfluß des Magneten wird auf eine Zerlegung der Elemente in „Uratome" zurückgeführt. Nach neueren Versuchen erhielt Wichert[4]) $^1/_3$ bis $^1/_6$ der Lichtgeschwindigkeit und die Grenzen für die Masse der elektrischen Atome $^1/_{1000}$ bis $^1/_{2000}$.

Um die in diesen, keineswegs erschöpfenden Bemerkungen gegebenen Behauptungen experimental zu erhärten, hat Wien[5]) Untersuchungen angestellt. Es sind bei solchen alle möglichen leicht zu übersehenden Fehlerquellen zu vermeiden. Wien verwendete die alte bekannte Lenard'sche Anordnung.[6]) Die Anode war ein dünner Draht, die Kathode lag fast unmittelbar am Glas an. Das Rohr war mit der Pumpe verbunden. Um Störungen durch elektrische Kräfte vollkommen auszuschließen, wurden Inductionsapparat, Accumulatoren und Entladungsröhre in einen Zinkkasten

1) Sitzungsber. d. phys. ökon. Gesellsch. zu Königsberg. 7. Jan. 1899. Beibl. Bd. 21. S. 443. 1897.
2) Phil. Mag. (5) 44. p. 293. 1897.
3) Compt. rend. Bd. 123. p. 492. 1896. Bd. 126. p. 228. 1898.
4) Verh. deutsch. Naturf. und Aerzte, Braunschweig 1897. S. 50. Beibl. 22. S. 601 1898.
5) Wied. Ann. Bd. 65. S. 440. 1898.
6) S. Dies. Jahrb. Bd. 31. S. 190. 1895.

gestellt. Die zur Pumpe führenden Röhren waren durch Metallumhüllungen und eingelegte Drahtnetze geschützt. Oben aus dem Kasten ragte das Platinrohr, welches das Fenster trug und mit dem Kasten leitend verbunden war, heraus. Alle diese Schutzvorrichtungen aus Metall waren mit der Erde verbunden. Das Fenster war etwas anders als bei Lenard, es war mit einer Verschraubungsvorrichtung versehen, die ein leichtes Auswechseln des Aluminiumblättchens ermöglichte. Ueber die Entladungsröhre ist das Beobachtungsrohr geschoben und eingekittet, welches mit zwei Elektroden und einem senkrecht zur Rohraxe in das Rohr ragenden Platinstift versehen und ebenfalls mit einer Pumpe verbunden ist. Herrscht im Beobachtungsrohr Atmosphärendruck, so giebt das mit den beiden Elektroden verbundene Quadrantenelektrometer einen Ausschlag, sobald Kathodenstrahlen aus dem Fenster dringen. Werden die Kathodenstrahlen im Rohr durch den Magneten abgelenkt, so hört jede Wirkung auf. Wird das Beobachtungsrohr ausgepumpt, so geht das Elektrometer durch eine Unterbrechung des Inductors über die Scala hinaus. Eine Grenze für die Ladung ist nicht bemerkbar, mag das Vacuum noch so weit getrieben werden. Die Ladung war negativ. Also führen die Kathodenstrahlen thatsächlich Elektricität mit sich.

Schon Kaufmann und Aschkinaß[1]) haben eine „Deflexion" der Kathodenstrahlen in der Nähe einer zweiten Kathode nachgewiesen. Diese Beobachtung muß die Emissionshypothese stützen, besonders wenn auch der Versuch gelang, die Kathodenstrahlen durch rein statische Ladungen abzulenken. Die Kathodenstrahlen gingen zwischen zwei Elektroden durch und entwarfen von einem Platinblech einen Schatten auf der dahinter befindlichen Glaswand. Die Elektroden wurden abwechselnd mit den Polen eines Hochspannungsaccumulators verbunden. Im äußersten Vacuum ergab sich eine Ablenkung von 5 mm.

Gleichzeitig bestätigt Lenard[2]) diese Resultate bei ganz ähnlicher Versuchsanordnung. Auch hier wurde eine mit dem Quadrantenelektrometer verbundene Platte geladen. Die Ladung ist stets negativ. Die Ladung findet sich nur in dem von den Strahlen eingenommenen Raume. Gehen die Strahlen zwischen den Platten eines Condensators durch, so wird dieser selbst bei

1) Wied. Ann. Bd. 62. S. 595. 1897.
2) Wied. Ann. Bd. 64. S. 279. 1898.

starker Ladung nicht entladen. Der Beobachtungsraum ist also unter dem Einfluß der Strahlen ein Isolator. Bei ungeladenem Condensator gehen die Strahlen geradlinig durch, ist er geladen, so krümmen sie sich nach der positiven Platte hin. Die Krümmung wird mit wachsender Ladung stärker. Die magnetisch stärker ablenkbaren Strahlen, die auch die absorbirbareren und diffuser in Gasen verlaufenden sind, sind auch elektrisch stärker ablenkbar. Als Geschwindigkeit ergiebt sich 0·67 bis $0{\cdot}81 . 10^{10} \frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{sec}}$. Durch ein festes Dielectricum, das die Strahlen zu durchsetzen vermag, wird negative Elektricität geführt. Ein Schellackcondensator, dessen vollkommen isolirende Schellackschicht 0·12 mm dick war, wurde durch Bestrahlung negativ geladen, wenn die bestrahlte Seite (dünne Aluminiumfolie) zur Erde abgeleitet war. Eine positive Ladung verschwand rasch, eine negative wuchs stetig.

Wien errechnete aus seinen Versuchen für die bewegte Materie ein Drittel der Lichtgeschwindigkeit. Das Verhältniß der Masse der Theilchen zur Ladung war 5.10^{-8}, der reciproke Werth der letzteren war nach Lenard etwa $6.4 . 10^{6}\ \mathrm{cm}^{1/2}\,\mathrm{g}^{-1/2}$.

Die durch in der Kathode angebrachte Löcher nach rückwärts ausgehenden Kanalstrahlen führen, wie Wien nachwies, positive Elektricität mit sich. Auch ließ sich bei ihnen elektrostatische Ablenkung nachweisen. Die Strahlen wurden von der negativen Elektrode angezogen. Mit vieler Mühe wurde es sodann ermöglicht, auch die magnetische Ablenkbarkeit der Kanalstrahlen zu zeigen. Es mußten die Kanalstrahlen starken magnetischen Kräften ausgesetzt, die Kathodenstrahlen und die ganze Entladung dagegen davor geschützt werden. Es gelang dies mit Hilfe eines dicken Eisencylinders, der über die Entladungsröhre geschoben wurde. Dieser schwächte zwar die magnetischen Einflüsse nur, ohne sie aufzuheben; aber es zeigte sich, daß der vorhandene Rest von Magnetismus keine Störungen mehr hervorrief. Die Ablenkung erfolgte entgegengesetzt wie bei den Kathodenstrahlen. Die Geschwindigkeit der Kanalstrahlen ergab sich daraus zu $3{\cdot}6 . 10^{7} \frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{sec}}$, das Verhältnis der Masse zur Ladung war $3{\cdot}2 . 10^{-3}$.

Ganz eigenthümliche Vorgänge zeigten sich an der Anode. Wurde durch Biegung der Röhre ein Eintreten der Kathodenstrahlen in den Beobachtungsraum unmöglich gemacht, und an Stelle des Lenard'schen Fensters eine durchlöcherte Anode an-

gebracht, so tritt ein schwaches Bündel Strahlen rückwärts in den Beobachtungsraum. Diese Strahlen sind sehr diffus, negativ geladen, durch elektrische und magnetische Kräfte in hohem Grade ablenkbar und daher von geringer Geschwindigkeit. Messungen waren noch nicht möglich. Wurde die durchlöcherte Platte gar nicht mit dem Inductorium verbunden, sondern ihr gegenüber eine Anode angebracht, so geht ein Theil der Strahlen geradlinig von der Anode fort und führt positive Elektricität mit sich. Diese Strahlen entsprechen also den Kathodenstrahlen, während die anderen vorher beschriebenen den Kanalstrahlen analog sind. Sogar die durch diese Strahlen geladenen Elektroden können wieder magnetisch ablenkbare Strahlen aussenden, die positiv geladen sind.

Die ganze Erscheinung ähnelt der Elektrolyse am meisten. Hier haben wir, im Gegensatz zu den Vorgängen bei der Elektrolyse, Ansammlung freier Elektricität in der Strombahn. Die elektrische Vertheilung ist in der Röhre ja sehr ungleichmäßig und an der Kathode ist der größte Spannungsabfall. Dort, wo Felder verschiedenen Potentialgefälles aneinanderstoßen, ist freie Elektricität vorhanden, wie wenn Leiter von verschiedener Leitfähigkeit aneinander grenzen. Die elektrischen Kraftlinien gehen also nicht von Elektrode zu Elektrode, sondern enden im Gasraume an dieser freien Elektricität. Die im Felde bewegten Theilchen vermögen daher aus dem Felde mit der ihnen dort ertheilten Geschwindigkeit hinauszufliegen. Dort fliegen sie geradlinig weiter bis sie gestört werden. An der Kathode ist das Feld sehr stark, also erhalten die Theilchen große Geschwindigkeit, an der Anode ist es schwach, die Theilchen bewegen sich daher langsam.

Schon seit einer längeren Zeit spielt ein Streit über Interferenz der Kathodenstrahlen, der die oben behandelten Fragen insofern berührt, als es sich zum Theil um elektrostatische Einflüsse handelt. Die Hauptvertreter der verschiedenen Richtungen sind Jaumann[1]) einerseits, E. Wiedemann und G. C. Schmidt[2]), Tollenaar[3]) andrerseits. Es handelt sich um Erscheinungen, die bei gewissen Anordnungen der Elektroden auftreten, und deren Erklärung von verschiedenen Standpunkten aus versucht wird. Die Interferenz, die Jaumann beobachtet haben will, wird von den

1) Wied. Ann. Bd. 57. S. 147. 1896. Bd. 59. S. 255. 1896. Bd. 64. S. 262. 1898. 2) Wied. Ann. Bd. 60. S. 510 1897.
3) Versch. d. Afd. natuurk. d. Kon. Akad. te Amsterdam. S. 310. 1897.

andern geleugnet, die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen, die Jaumann beobachtet zu haben glaubt, scheint eine sekundäre Folge anderer Ursachen zu sein, sie ist auch ganz anderer Art, wie die eben beschriebene. Endlich sucht Jaumann „longitudinales Licht" nachzuweisen und mit den von ihm beobachteten Erscheinungen in Zusammenhang zu bringen. Es soll dies stets an den Rändern eines transversal schwingenden Lichtstrahls auftreten. Die Arbeiten seien hier nur kurz erwähnt, ohne daß näher darauf eingegangen wird.

Auch Majorona[1]) hat solche Ablenkungen constatirt und mit den Jaumann'schen Versuchen in Zusammenhang gebracht. Schließlich gelangte er aber doch zur Annahme der Emissionshypothese. Er beobachtete, daß ein schattenwerfender Draht den Schatten verbreiterte oder verengerte, je nachdem er negativ oder positiv geladen war.

Hierzu hat v. Geitler[2]) ausführliche Untersuchungen angestellt, die schließlich auch dem Zwecke der Entscheidung zwischen Emissionshypothese und Undulationshypothese dienten, ohne ihn jedoch zu erreichen. In einer cylindrischen Glasröhre steht ein Draht einer ebenen Aluminiumscheibe, die als Kathode dient, gegenüber. Ein zweiter Draht in einem seitlichen Ansatzrohr ist die Anode. Die Kathode steht, ebenso wie der erste Draht senkrecht zur Rohraxe. Es erscheint dann am Ende des Rohres der scharfe Schatten des Drahtes. Der Schatten ist 0·5 cm breit. Wird der Draht mit der Kathode leitend verbunden, so verbreitert sich der Schatten nach beiden Seiten um etwa 2 cm. Die Grenze des Schattens bildet einen Lichtstreifen an jeder Seite. Verbindet man aber die Kathode mit der inneren, den Draht mit der äußeren Belegung einer Leydener Flasche, so treten statt des oben beschriebenen Streifens, welcher verschwindet, je eine Reihe von zwei bis sieben und nach Umständen auch mehr ziemlich äquidistanten grünen Streifen an beiden Seiten des Rohres auf. Ersetzt man die Leydener Flasche durch einen Condensator von größerer Capacität, so rücken die

1) Nuov. Cim. (4) 5. p. 305. 1897. Beibl. Bd. 21. S. 783. Ferner: La Scarica, elettrica attraverso i Gas' e i raggi Röntgen Torino, Loescher 1897. Beibl. Bd. 22. S. 66. 1898. Rendic. R. Accad. de Lincei (5) 6, 2 Sem. p. 19. 66. 1897. Nuov. Cim. (4) 6. p. 336. 1897. Beibl. Bd. 22. S. 437. 1898.

2) Wied. Ann. Bd. 65. S. 123. 1898.

Streifen immer näher aneinander, indem sie sich dabei alle immer mehr von der Rohraxe entfernen. Außerdem hängt aber die Größe der Streifenabstände auch vom Inductor ab.

Um nun zu prüfen, ob die Streifen etwa durch Interferenz der von der Kathode und dem schattenwerfenden Körper entstehen, wurde versucht, den letzteren an der Aussendung von Kathodestrahlen zu hindern. Es wurde daher der Draht wenigstens auf einen Theil seiner Länge mit einer Glasröhre umhüllt. Man erhält dann nur dort den Streifen, wo der aus der Glasröhre herausragende Theil des Drahtes Schatten wirft. Dieser Versuch würde also für die Interferenzwirkung sprechen.

Es wurde nun ferner der Draht an einem Schliffstück befestigt und durch zwei Hartgummiklötzchen eine schmale Glimmerplatte parallel zum Drahte an diesem befestigt. Dreht man den Draht nun so, daß die Glimmerplatte sich zwischen ihm und der Kathode befindet, so treten die Streifen wie früher auf. Dreht man aber den Schliff um 180°, so daß sich das Glimmerplättchen zwischen dem Draht und der Glaswand befindet, so sind die Streifen immer noch vorhanden. In letzterem Falle kann man nicht gut an eine Interferenz denken.

Geitler erklärt die Erscheinung nun so. Der Oeffnungsfunke des Inductoriums ist bekanntlich oscillatorisch. Also wurden auch die Elektroden oscillatorisch geladen. Außerdem sind diese Oscillationen stark gedämpft, also nehmen auch die Ladungen der Elektroden ab. Von der Kathode können aber Kathodenstrahlen nur ausgehen, wenn sie negativ geladen ist. Diese Strahlen werden also in regelmäßigrn Pausen aufeinander folgen und ihre Intensität wird immer abnehmen. Nun sind aber die Kathodenstrahlen um so stärker durch magnetische wie elektrostatische Kräfte abgelenkt, je geringer ihre Intensität ist, wie Kaufmann und Aschkinaß[1]) nachgewiesen haben, demnach ist zu erwarten, daß die von einem gedämpft oscillirenden Erreger hervorgerufenen Kathodenstrahlen durch dieselbe elektrostatische Kraft in verschieden hohem Grade abgelenkt werden. Darnach wird auch die Verbreiterung des Drahtschattens für die einzelnen aufeinanderfolgenden verschieden intensiven Strahlen eine verschiedene sein, und es werden statt einer ebensoviel getrennte Schattengrenzen auftreten müssen, als von der Kathode Strahlen ausgegangen sind.

---

1) a. a. O.

Je schwächer der Inductor betrieben wird, um so enger werden die Streifen aneinander und um so weiter von der Rohraxe weg rücken. Das ließ sich durch verschiedene Versuchsanordnungen zeigen. Ein in den primären Stromkreis eingeschalteter Rheostat ermöglichte es, durch Vergrößerung des Widerstandes immer mehr Streifen zum Verschwinden zu bringen, und zwar verschwanden stets die nach der Mitte, also der Rohraxe zu gelegenen Streifen. Vergrößerte man die Stromstärke wieder, so erschienen auch die alten Streifen von Neuem. Da bei stärkerer Primärspannung fernerhin auch mehr Oscillationen erfolgen müssen, wenn die Dämpfung die gleiche bleibt, so werden um so mehr Streifen zu erwarten sein, je höher die Stromstärke ist. Auch dieses entspricht den Thatsachen.

Der Druck in der Röhre steigt in Folge der Entladungen allmählich. Es wird also, wenn das Vacuum anfangs ein hohes, schwer zu durchschlagendes war, die Entladung immer leichter erfolgen, d. h. es werden sich, da die Primärspannung dieselbe ist, immer mehr Oscillationen, demgemäß auch mehr Streifen ausbilden. Auch dies bestätigt sich.

Es wurde ferner zwischen dem inneren Belege der Leydener Flasche und der Kathode ein Funkenmikrometer eingeschaltet. Durch allmähliches Oeffnen des erst geschlossenen Mikrometers konnte man einen Streifen nach dem andern zum Verschwinden bringen. Zuerst verschwanden die am meisten abgelenkten. Es schien dabei, als ob der verschwindende Streifen mit dem nächsten zusammenfiele.

Weiterhin wurde das Funkenmikrometer wieder beseitigt und die Verbindung des Inductors mit der Kathode durch einen nassen Bindfaden hergestellt, dessen Länge man verändern konnte. Die Kathode war aber metallisch mit dem inneren Flaschenbeleg verbunden. Ist die Fadenlänge Null, so erhält man eine gewisse Anzahl Streifen. Je länger man die Bindfadenleitung macht, um so mehr Streifen verschwinden. Dasselbe ergiebt sich, wenn sich der Bindfaden zwischen der Anode und dem Inductor befindet. Jetzt verschwinden die am wenigsten abgelenkten Streifen zuerst.

Die Streifen verschwinden in umgekehrter Reihenfolge, wenn man den Inductor einestheils mit dem innereu Flaschenbeleg direct metallisch verbindet, aber mit der Kathode durch den Bindfaden, dessen Länge allmählig vergrößert wird.

Durch den nassen Faden wird sowohl die Anfangsamplitude

der Oscillationen herabgesetzt, als auch die Dämpfung vergrößert. Abgesehen vom vorletzten Fall ist aber sonst die Anfangsamplitude und die Dämpfung am Draht dieselbe wie im allerersten Versuch. Die Verminderung der Anfangsamplitude und die Vermehrung der Dämpfung muß aber in allen Fällen eine Verminderung der Streifenzahl bewirken. Das Verhältniß der Stärke der von der Kathode ausgehenden Strahlen zu der Ladung des Drahtes ändert sich im vorletzten Falle in ganz anderer Weise wie in den übrigen Fällen, was zur Erklärung der Verschiedenheit in der Reihenfolge des Verschwindens dienen kann.

Verbindet man den negativen Inductorpol mit der äußeren Belegung zweier parallel geschalteter Leydener Flaschen, die innere Belegung der ersten metallisch mit der Kathode, die der zweiten aber durch den nassen Bindfaden mit dem ablenkenden Drahte, so verschiebt sich der am weitesten abgelenkte Streifen gegen den nächsten und alle Streifen werden stark abgelenkt, nähern sich also der Rohraxe. Endlich fallen die beiden äußersten Streifen zusammen und fließen dann allmählich in den dritten über u. s. w., bis alle Streifen sich zu einem einzigen I vereinigen. Verlängert man den Faden jetzt noch weiter, so schiebt sich aus I nach der Rohraxe zu ein neuer Streifen II heraus, und rückt mit I zusammen dieser immer näher, während sich der Abstand der beiden Streifen vergrößert. Allmählich tritt aus I noch ein dritter III heraus, der zwischen I und II liegt, schließlich noch ein vierter IV zwischen I und III. Alle Streifen bewegen sich dabei der Rohraxe zu. Bei Verkürzung des Bindfadens wiederholt sich der Vorgang rückwärts. Die letzten Streifen (I—IV) sehen etwas anders aus, als die zuerst vorhandenen.

Daß bei dem ersten aller dieser Versuche (einfache metallische Verbindung von Kathode und Draht) nur ein Streifen erscheint, könnte auffallen. Aber die Vergrößerung der zwischen Kathode und Draht geschalteten Capacität bewirkt Verminderung der Streifenabstände und der einfach zwischengeschaltete Draht leistet dieselben Dienste wie eine unendlich große Capacität, liefert also unendlich kleine Streifenabstände. Außerdem ist auch bei dem zuletzt beschriebenen Versuch eine Vereinigung aller Streifen in einen zu bemerken. Ersetzt man übrigens den metallischen Verbindungsdraht durch einen nassen Faden, so treten wieder mehrere Streifen auf.

Auch durch magnetische Kräfte ließen sich ähnliche Streifenbildungen hervorrufen.

Die Erscheinungen ähneln sehr der „spectralen" Zerlegung der Kathodenstrahlen durch magnetische Kräfte, wie sie Birkeland beschrieben hat. Doch scheint Geitler der Auffassung Birkelands nicht zuzustimmen. Wenigstens lehnt er den Ausdruck „Spectrum" ab. Geitler ist vorsichtig genug, weder seine Hypothese noch die Emissionstheorie durch seine Versuche als bewiesen anzusehen.

Lenard [1]) hat die oben beschriebenen Untersuchungen ergänzt indem er die magnetische und elektrische Ablenkung der Kathodenstrahlen maaß, die parallel zu den Kraftlinien eines elektrischen Feldes gelaufen waren. Es ergaben sich bemerkenswerthe Resultate. Er benutzte die nach ihm benannte Röhre, durch deren Fenster aus dünner Aluminiumfolie er die Kathodenstrahlen treten ließ. Die Strahlen passirten dann die 1 mm weiten centralen Durchbohrungen zweier Condensatorplatten und gingen dann in den Beobachtungsraum, in welchem sie von einem Phosphorescenzschirm aufgefangen wurden. Dieser Schirm war mit einer Scala versehen, der die Lage des Phosphorescenzflecks abzulesen gestattete. Der ganze Apparat befand sich im Vacuum. Zwischen Röhre und Beobachtungsraum war ein Metallschirm aufgestellt, welcher jede von der Entladungsröhre neben dem Fenster vorbeigehende Strahlenwirkung aufhielt. Außerdem war die den Beobachtungsraum bildende Röhre durch eine vollständige Stanniolumhüllung geschützt. Die Condensatorplatten wurden von einer Influenzmaschine geladen, die eine war ebenso wie Aluminiumfenster und Schutzschirm, mit der Erde verbunden. Die Stanniolbelegung war mit der zweiten Condensatorplatte verbunden.

Zunächst wurde die magnetische Ablenkung gemessen; ein Elektromagnet war zu diesem Zwecke zwischen Condensator und Schirm aufgestellt. Der geladene Condensator allein lenkt die Strahlen nicht ab, der Magnet allein giebt ihnen eine bestimmte Ablenkung. Ladet man die isolirte Condensatorplatte positiv, so werden die Strahlen weniger abgelenkt, bei negativer Ladung werden sie mehr abgelenkt. Es wird die Stromstärke J_0 gemessen die eine bestimmte Ablenkung bei ungeladenem Condensator hervorruft, J_1 sei sodann die Stromstärke, die bei der Potentialdifferenz **P** am Condensator dieselbe Ablenkung hervorruft. **P** wird

1) Wied. Ann. Bd. 65 S. 504. 1898.

durch die Schlagweite einer Funkenstrecke aus Messingkugeln von 2·5 cm Durchmesser bestimmt. Ist die Geschwindigkeit der Strahlen zu Anfang (bei ungeladenem Condensator) v_0, und zu Ende (bei geladenem Condensator) v_1, so gilt $\frac{v_1}{v_0} = \frac{J_1}{J_0}$.

Diese Gleichung besagt, daß die ablenkenden Stromstärken den Geschwindigkeiten der Kathodenstrahlen proportional sind, oder die Strahlen verschiedener Art (d. h. verschiedener Geschwindigkeit) werden gleichstark abgelenkt, wenn die Stromstärken den Strahlungsgeschwindigkeiten proportional sind. Die Beziehung, durch welche das Gesetz der Erhaltung der Energie ausgedrückt ist, lautet:

$$v_1^2 - v_0^2 = 2 \frac{\varepsilon}{\mu} P,$$

wobei μ die räumliche Dichte der bewegten Massen, ε die räumliche Dichte der elektrischen Ladung ist.

Die Resultate stehen in der folgenden Tabelle:

Potentialdifferenz im Entladungsrohr (Schlagweite) cm	Potentialdifferenz des Condensators. in Schlagweite cm	in magnetischem Maaß C G S	$\frac{J_1}{J_0}$	Anfangsgeschwindigkeit v_0 $10^{10} \frac{cm}{sec}$	Endgeschwindigkeit v_1 $10^{10} \frac{cm}{sec}$
2·8	1·00	P = —291 . 10^{10}	0·500	0·70 = 0·67 + 0·03	0·35
	0·64	P = —210 . 10^{10}	0·650	0·68 = 0·67 — 0·01	5·04
	1·00	P = +291 . 10^{10}	1·41	0·62 = 0·67 — 0·03	0.89
3·6	1·00	P = —291 . 10^{10}	0·608	0·77 = 0·81 — 0·04	0·47
	1·00	P = +291 . 10^{10}	1·27	0·79 = 0·81 — 0·02	1·00
	1·00	P = +291 . 10^{10}	1·22	0·81 = 0·81 + 0·07	1·07

Demnach beschleunigen positive Ladungen die Kathodenstrahlen, negative verzögern sie. Die erhaltenen Geschwindigkeiten stimmen, mit den oben angeführten, von Lenard auf anderem Wege erhaltenen, überein. Für die $\frac{\varepsilon}{\mu}$ wurde ebenfalls mit dem früheren Resultat übereinstimmend 6·39.10^6 cm $^{1/2}$g$^{-1/2}$ gefunden. Bemerkt sei noch, daß die Phosphorescenzflecke der schnellsten Strahlen sehr hell und sehr absorbirbar (ein Glimmerblatt von 0·2 mm Dicke wurde nicht mehr durchdrungen), die der langsamsten

kaum sichtbar waren. Auch das abgelenkte Büschel war scharf geradlinig.

Um die elektrische Ablenkbarkeit zu beobachten, ließ man die Kathodenstrahlen zwischen zwei ihnen parallel gestellten Metallplatten durchgehen, deren eine mit der isolirten Condensatorplatte und dem äußeren Beleg einer Leydener Flasche, die andere mit deren innerem Beleg und durch eine Hanfschnur mit der Erde verbunden war. Die beiden Belege der Leydener Flasche waren durch eine Funkenstrecke verbunden, die dazu diente, ihren Potentialunterschied zu reguliren. Es wird wieder die Ablenkung der durch den Condensator nicht beeinflußten Strahlen mit den durch letzteren beeinflußten verglichen. Eine positive Ladung des Condensators vergrößert, eine negative verkleinert die Ablenkung.

Andere merkwürdige Erscheinungen, die die Kathodenstrahlen im Magnetfeld zeigen, haben E. Wiedemann und Wehnelt[1]) beobachtet. Es wird an Untersuchungen Birkelands[2]) angeknüpft, welcher fand, daß Kathodenstrahlen, die parallel den magnetischen Kraftlinien verlaufen, sich zusammen drängen, so daß sie, bei ebener Kathode, in eine Spitze auslaufen. Der entstehende Phosphorescenzfleck auf der Glaswand wird, je nach der Entfernung des Magneten größer oder kleiner, während der Fleck selbst eine Drehung erfährt. Der Schatten eines Metallkreuzes wird bei Annäherung des Magneten kleiner, und dreht sich, wenn man in der Richtung der Kraftlinien sieht, in der Richtung des Uhrzeigers. Poincaré hat eine Theorie entwickelt[3]), aus der sich erstens das überraschende Resultat ergiebt, daß ein Nordpol und ein Südpol keinen Unterschied in der Wirkung zeigen daß ferner die Kathodenstrahlen tordirt werden, und auf einem Kegel verlaufen, sodaß eine Reihe Knoten entstehen müssen. In der That hat Birkeland bei Annäherung des Magneten an die Röhre beobachtet, daß der Phosphorescenzfleck heller und dunkler wird. Das Resultat Poincaré's drücken Wiedemann und Wehnelt so aus: Die Vereinigungspunkte der Strahlen rücken mit abnehmendem Drucke und abnehmender Stärke des Magnetfelds nach dem Magnetpole hin.

1) Wied. Ann. Bd. 64. S. 606. 1898.
2) Elektrotechn. Tidskrift. 8. S. 104. 1896. Beibl. Bd. 20. S. 802. 1896.
3) Compt. rend. Bd. 123. p. 530. 1896.

Um die Theorie zu prüfen, benutzten sie ein Glasrohr mit abgeschliffenen Enden auf welche Zinkplatten gekittet waren. Die eine diente als Anode, die andere als Kathode. Der ersteren gegenüber wird ein Magnet gestellt. Sobald er erregt ist zeigen sich die Knoten deutlich. Das die Knoten enthaltende Strahlenbündel ist von einer kegelförmigen Lichthülle umgeben. Je nach dem Vorzeichen des Magnetpols winden sich die Strahlen in dem einen oder anderen Sinn in die Knoten hinein. Der oben angeführte Satz über die Abhängigkeit der Entfernung der Knoten von Druck und Stärke des Magnetfeldes bestätigt sich. Bringt man eine Kathodenröhre in eine Magnetisirungsspule, so erscheinen eine ganze Reihe Knoten, die sich bis in die Spule hineinziehen.

Wehnelt[1]) hat specielle Untersuchungen über den dunkeln Kathodenraum gemacht, und nachgewiesen, daß sich dieser nicht wie ein schlechter Leiter, sondern wie ein Dielektricum verhält, so daß die Entladung in ihm schnell gedämpfte Funken hervorruft. Es gelang durch die den dunkeln Kathodenraum passirenden Entladungen, Coherer zum Ansprechen zu bringen oder im Lecher'schen Drahtsystem Resonanzerscheinungen zu erregen.

Als Endladungsröhre diente die schon öfters erwähnte Wood'sche Anordnung. Nur war hier durch den mit Quecksilber abgeschlossenen Röhrenansatz die Kathode verschiebbar eingeführt und an dem Ansatz selbst ein Schliff angebracht, auf welchen verschiedene Röhren gesetzt werden konnten. Außerdem wurden noch Röhren verwendet, deren Anordnung dem besondern Zwecke der Beobachtung angepaßt waren. Als Coherer diente entweder eine Röhre der gewöhnlichen Gestalt, oder auch eine Stahlnadel, die auf zwei andere aufgelegt war. Sollte das Lecher'sche System benutzt worden, so wurde die Röhre statt der primären Funkenstrecke eingeschaltet.

Zunächst ergab sich, daß stets disruptive, schnell gedämpfte Entladungen auftreten, sobald der positiven Entladung der Weg zum negativen Glimmlicht durch den dunklen Kathodenraum abgeschnitten war. Dies wurde nachgewiesen an Röhren, deren Elektroden 2 cm von einander entfernt waren, und bei welchen durch immer stärkeres Auspumpen schließlich der dunkle Raum so weit ausgedehnt wurde, daß er die Anode umhüllte. Daß das Auftreten von disruptiven Entladungen an die oben genannte Be-

1) Wied. Ann. Bd. 65. S. 511. 1898.

dingung geknüpft ist, wurde an Röhren gezeigt, bei denen die Anode (ein Aluminiumdraht) in einer Glasröhre sich befand und nur etwa 6·2 mm weit von der Kathode entfernt war. War der Draht ganz von der Glasröhre umhüllt, so traten schon bei verhältnismäßig hohem Drucke die disruptiven Entladungen ein. Ließ aber die Glasröhre ein Stück des Aluminiumdrahtes frei, so mußte die Verdünnung bedeutend weiter getrieben werden. Befand sich die drahtförmige Anode am Ende eines weiteren bis dicht an die Kathode reichenden Glasrohres, so trat die Resonanz auf, sobald der dunkle Raum die Mündung des Rohrs verschloß. Mit Röhren, bei denen die Kathode durch die Wood'sche Anordnung verschiebbar waren, erhielt man bei spitzenförmiger Anode und plattenförmiger Kathode ein allmähliches Sinken des Entladungspotentials, bis der dunkle Raum die Anode erreichte. Von da ab stieg das Entladungspotential, denn die bis zu diesem Augenblick von der Mitte der Kathode ausgehenden, ein cylindrisches Bündel bildenden Kathodenstrahlen werden bei Annäherung der bis zur Spitze von einer Glasröhre umhüllten Anode auseinandergedrängt und treffen die Anode nicht, bilden also auch keine leitenden Bahnen mehr. Bei immer weiterer Annäherung wird die Entladung deutlich disruptiv. Das Entladungspotential steigt hierbei plötzlich und sehr stark. Geht aber der Strom in umgekehrter Richtung, so sind die Entladungen von Anfang an unstet. Fast stets gehen starke Wellen vom Rohre aus. Auch hier sinkt das Entladungspotential zuerst mit der Verringerung des Widerstandes, steigt in geringem Maaße, wenn der dunkle Raum die Anode erreicht und zwar nicht plötzlich sondern allmählich. Die Kathodenstrahlen treffen hier natürlich stets die plattenförmige Anode. Bei sehr niedrigen Drucken geht die Entladung leichter von Platte zu Spitze, bei mittleren leichter umgekehrt, wie dies Hagenbach[1]) schon beobachtet und als „Umkehrung der Ventilwirkung" bezeichnet hat. Die Erscheinung ist durch die soeben erwähnten Versuche genügend erklärt.

Sehr große Entladungspotentiale lassen sich aber auch beobachten bei solchen Rohrlängen, die eine Umhüllung der Anode vom dunkeln Kathodenraum unmöglich machen. Nach E. Wiedemann übernehmen dann die Glaswände in der Nähe der Kathode

1) Wied. Ann. 63. S. 9. 1897.

die Rolle von Kathoden und drängen die Kathodenstrahlen zusammen. Versuche mit verschieden weiten Röhren und bei verschiedenen Drucken zeigten, daß zunächst mit abnehmenden Druck die dunklen Räume wachsen, daß dabei das Kathodenstrahlenbündel immer schmäler wird, und daß mit seinem völligen Verschwinden die schnell gedämpfte Entladung einsetzt. Das Entladungspotential ist bei demselben Druck um so niedriger, je weiter das Rohr ist, sobald aber die disruptive Entladung einsetzt, wächst es bis fast auf das doppelte. Das Entladungspotential wird kleiner, wenn der Querschnitt des Kathodenstrahlenbündels wächst. Zu diesen Sätzen führten Versuche mit Röhren der mannigfaltigsten Formen.

J. Trowbridge[1]) hat die Meinung ausgesprochen, daß die niederste Grenze zur Erzeugung von Röntgenstrahlen ein Entladungspotential von 100000 Volt sei. Wehnelt hat das Auftreten von Röntgenstrahlen geprüft im Zusammenhange mit dem Ansprechen des Coherers. Es zeigte sich, daß beide Erscheinungen gleichzeitig begannen und zwar bei einem Drucke von 6·2 mm Quecksilber und 7000 Volt für die betreffende Beobachtungsröhre. Wehnelt ist daher der Ansicht, daß die kräftigen disruptiven schnellgedämpften Funkenentladungen derjenigen besonderen Entladungsform entsprechen, welcher Röntgen und Andere den Haupteinfluß auf die Entstehung von Röntgenstrahlen zuschreiben. Röntgen[2]) meint daß der zeitliche Verlauf des Entladungsstroms die wesentliche Rolle spielt. Ferner meint Wehnelt, daß die Röntgenstrahlen in erster Linie bei einer plötzlichen Störung, etwa einem kurzen Anprall geladener Theilchen gegen feste Körper entstehen. Jedenfalls sind alle diejenigen Umstände, die für das Auftreten disruptiver Entladungen besonders günstig sind, auch für die Erzeugung von Röntgenstrahlen günstig Schwach ausgepumpte Röhren liefern Röntgenstrahlen, wenn eine Funkenstrecke vorgeschaltet wird, weil hierdurch disruptive Entladungen hervorgerufen werden. Dagegen wirkt eine solche Funkenstrecke bei einer guten Röntgenröhre nachtheilig, weil diese Röhre schon an sich Wellen aussendet, die Funkenstrecke also nur den Widerstand er höhtund den Strom schwächt. Ebenso wie eine Funkenstrecke wirkt eine vorgeschaltete Röhre, welche

1) Phil. Mag. (5) 13. S. 378. 1897.
2) Wied. Ann. Bd. 64. S. 39 1898.

disruptive Entladung giebt. Für die Construction der Röhre ergiebt sich daher, 1. daß der Abstand zwischen Kathode und Anode möglichst klein sein muß. 2. daß die Kathode möglichst klein und von einem möglichst engen Glasrohr umgeben sein soll. Die von den Glaswänden ausgehenden sekundären dunkeln Ströme schnüren dann das Kathodenstrahlenbündel möglichst rasch zusammen und schneiden es ab, wodurch sofort disruptive Entladung auftritt. Bei verschiedenen gangbaren Constructionen von Röntgenröhren sind thatsächlich die hier angegebenen Punkte schon mit Erfolg in Anwendung gebracht.

Starke[1]) hat das Reflexionsvermögen verschiedener Körper für Kathodenstrahlen untersucht. Er benutzte eine kugelförmige Röhre mit zwei cylindrischen Ansätzen, die einen Winkel von etwa 60 ⁰ mit einander bildeten. Die eine enthielt die Kathode und cylindrische Anode, welche die Kathodenstrahlen durch zwei 2 mm weite Oeffnungen durchließ. Die andere besaß einen Metallcylinder in dem sich, von ihm isolirt, ein zweiter befand. Mit Hilfe eines Schliffs war ein Metallblech so aufgestellt, daß die von der Kathode darauf treffenden Strahlen in das zweite Rohr reflectirt werden können. Anode, Reflector, äußerer Cylinder des zweiten Rohrs und positiver Pol der die Strahlen erregenden Influenzmaschine waren mit der Erde verbunden. Zunächst zeigte sich, daß die Strahlen stets reflectirt wurden, wenn die Axen der beiden cylindrischen Rohransätze dieselbe Seite des Blechs treffen. Die Reflexion war also eine diffuse. Gemessen wurde die Reflexionswirkung dadurch, daß der innere Cylinder des zweiten Ansatzrohrs durch ein Galvanometer mit der Erde verbunden war, und der Ausschlag an diesem beobachtet wurde. Mit steigender Verdünnung wird der Reflexionsstrom größer. Ist der Reflector isolirt, so wird der Galvanometerausschlag bedeutend größer, die Fluorescenzwirkung ändert sich dagegen nicht. Es erscheint darum zweifelhaft, ob man es hier mit einer Verstärkung der Reflexionswirkung zu thun hat, oder ob nicht vielmehr der durch die Kathodenstrahlen geladene Reflector durch das bei geringerem Drucke stärker leitende Gas mehr Elektricität nach dem Galvanometer abführt. Die reflectirten Kathodenstrahlen bilden dann einfach eine besser leitende Verbindung mit dem inneren Cylinder des zweiten

1) Wied. Ann. Bd. 66. S. 49 1898.

Rohrs. Aehnlich wie Isolation wirkt negative Ladung des Reflectors.

Die Metalle zeigen entsprechend ihrem verschiedenen Absorptionsvermögen für Kathodenstrahlen auch verschiedenes Reflexionsvermögen. Der Reflector wurde aus zwei Metallen gebildet, die durch Drehung um 180° ihre Lage vertauschten. Ordnet man die Metalle nach abnehmenden Reflexionsvermögen, so ergiebt sich:

Platin Silber Kupfer Zink Aluminium Ruß.

Ob die Metalle polirt waren oder nicht war gleichgiltig. Ein gesetzmäßiger Zusammenhang mit dem specifischen Gewicht konnte nicht nachgewiesen werden. Schaltet man ein Galvanometer in die Erdleitung des Reflectors, so ist der von diesem angezeigte Strom um so kleiner, je besser das Metall reflectirt. Von Platin wird ein großer Bruchtheil der auffallenden Strahlen (etwa 36 %) reflectirt.

Röntgenstrahlen. — Es ist in diesem Jahrbuche über Anschauungen berichtet werden[1]), nach denen die Natur der Röntgenstrahlen nur quantitativ, nicht qualitativ von den Kathodenstrahlen verschieden ist. Mit dieser Frage hat man sich wieder mehrfach beschäftigt. Es scheint, daß man sich hier bisher auf falschem Wege befunden hat. Röntgen selbst und neben ihm Lenard und Precht haben die Ansicht ausgesprochen, daß sich ein magnetisches Spectrum construiren lasse, in welchem die Röntgenstrahlen das nicht abgelenkte Ende (Ablenkbarkeit Null), die Kathodenstrahlen das ablenkbare Ende darstellten. Zwischen beiden seien continuierliche Uebergänge vorhanden. Bei einer Kritik dieser Hypothese kommt v. Geitler[2]) zu einer ablehnenden Haltung. Er sagt: „Wenn man die genannten Eigenschaften (neben der Ablenkbarkeit kommt auch die Absorbirkeit in Frage, sie ist bei Röntgenstrahlen am kleinsten) in Betracht zieht, könnte man allerdings mit demselben Recht, wie die Röntgenstrahlen, die optischen oder die Hertz'schen Strahlen an dasselbe Ende des Kathodenstrahlenspectrums verweisen. Ich glaube, man wird eine derartige Systematik unannehmbar finden, welche zwei verschiedene Erscheinungsgruppen in dieselbe Klasse nur deshalb ordnet, weil in der einen Gruppe eine Eigenschaft gänzlich fehlt, welche in der an-

1) Bd. 34. S. 197 ff. 1898.
2) Wied. Ann. Bd. 66. S. 65 1898.

deren allerdings auch verloren gehen kann, und eine andere Eigenschaft vorhanden ist, welche auch der anderen Gruppe zukommt, aber allem Anschein nach anderen Gesetzen gehorcht. Es soll damit nicht behauptet werden, daß die beiden Erscheinungsgruppen nicht dennoch wesensgleich sein könnten. Die Entscheidung darüber muß aber gewiß besonderen Untersuchungen über das Vorhandensein oder Fehlen anderweitiger Aehnlichkeiten oder Verschiedenheiten in dem Verhalten der betrachteten Erscheinungsgruppen vorbehalten bleiben." Die logischen Einwendungen gegen die Anschauung und Schlußweise Röntgen's, Lenard's und Precht's scheinen an sich schon schwerwiegend genug, um Bedenken zu erregen. In noch höheren Grade sind aber die Versuche v. Geitler's, die thatsächliche Unterschiede zwischen Kathodenstrahlen und Röntgenstrahlen nachgewiesen haben, dazu geeignet.

Accumulatorenbatterie, Inductor und Röntgenröhre wurden in einem mit Blei ausgeschlagenen und isolirt aufgestellten Holzkasten K gesetzt, der eine mit Blei leicht und dicht verschließbare Oeffnung besaß, durch die Röntgenstrahlen in die Luft austreten konnten. Diesem Fenster gegenüber ist in den Gang der Röntgenstrahlen ein isolirter Metallschirm S aufgestellt; Bleikasten und Metallschirm können mit Elektrometern verbunden werden. Es werden zunächst K und S durch Erdleitung entladen, wieder isolirt und dann der Inductor in Gang gesetzt. Dann erhält K eine starke negative Ladung (200 Volt), S dagegen, wenn K zur Erde abgeleitet bleibt, eine starke positive. Die dem bestrahlten Schirm S zugewendete Seite der Röhre ist ebenfalls stark positiv geladen. Dreht man die Röhre um 180° und wiederholt die beiden soeben beschriebenen Versuche, so zeigt sich, daß der Kasten positiv, der Schirm negativ geladen wird. In einer gewissen mittleren Röhrenstellung bleiben K und S ungeladen. Die Erscheinungen bleiben dieselben, wenn das Fenster mit solchen Stoffen verschlossen wird, welche für Röntgenstrahlen durchlässig sind. Dagegen verhindert ein mit dem Kasten leitend verbundenes Aluminiumblech oder ein Drahtnetz die Ladung sowohl von K wie von S, auch wenn kräftige Röntgenstrahlen austreten. Isolirt man aber Blech oder Drahtnetz vom Kasten, so tritt die Ladung sofort auf. Jetzt wurde der Schirm S isolirt in einen Eisenblechkasten B gesetzt, welcher an der der Röhre zugewandten Seite ein Fenster aus Aluminiumblech besitzt. Dieser Kasten ist ebenfalls isolirt. Es ändert sich an den vorhergehen-

den Versuchen jetzt gar nichts, als daß der Kasten B in demselben Sinne geladen wird wie S. Ist B mit K leitend verbunden, beide aber isolirt, so bleibt S ungeladen, ist nur B mit der Erde verbunden und K und S isolirt, so bleiben S und K ungeladen. Ist alles isolirt und K an den positiven bzw. negativen Pol einer Accumulatorenbatterie gelegt, deren anderer Pol zur Erde geleitet ist, so werden B und S positiv bzw. negativ geladen. Dagegen bleibt S ungeladen, wenn B zur Erde abgeleitet ist. Die Ladungen von B und S sind merklich ebenso stark als wenn der Batteriepol direct an B oder S angelegt worden wäre. Ist aber B mit dem positiven bzw. negativen Pol der Batterie verbunden, so wird sowohl S wie K positiv bzw. negativ geladen, gleichviel ob das Fenster des Kastens, K offen oder mit einem für Röntgenstrahlen durchlässigen Leiter oder Isolator verschlossen wird. Auch hier ist das Potential von K oder S merklich dasselbe, als wenn man den Batteriepol direct an K oder S anlegen würde. Ersetzt man den Kasten B durch ein isolirt aufgehängtes Stanniolblatt oder ein Drahtnetz, so ändert sich an den Erscheinungen nichts. Auch bei solchen Röntgenröhren, die mit Antikathode versehen waren, erhielt man immer dann positive Ladung von S, wenn der Fluorescenzfleck, also auch die bestrahlte Seite der Antikathode, dem Schirm zugewendet war, andernfalls negative Ladung. Die dem Schirm S zugekehrten Glaswände der Röhre waren stets mit S gleichsinnig geladen.

Schon Perrin[1]) hat ähnliche Beobachtungen gemacht. Die Schlüsse die er zieht, zieht Geitler auch. Er meint nämlich, daß den Röntgenstrahlen die Eigenschaft zukommt, Potentialdifferenzen zwischen den von ihnen bestrahlten Körpern auszugleichen, d. h. diese Körper gegeneinander zu entladen. Die Versuche, welche die früheren Röntgen'schen Versuche[2]) bestätigen, ja mir vielfach mit ihnen identisch zu sein scheinen, lassen jedenfalls die Ansicht nicht zu, daß die Röntgenstrahlen die Ladung der von ihnen durchstrahlten Körper mitführten und auf andere übertragen könnten, da ja der elektrische Ausgleich sowohl mit der Richtung der Strahlen als ihr entgegengesetzt stattfindet. Auch wird der Körper durch Umhüllungen nicht geschützt, welche elektrostatische Wirkungen abhalten, aber für Röntgenstrahlen undurchlässig sind, sofern diese nur

1) Éclairage électrique. Bd. 7. S. 545. 1898. Beibl. Bd. 20. S. 717. 1896. 2) S. d. Jahrb. Bd. 32. S. 204. 1896.

isolirt sind. Wenn man dieses Resultat mit den oben besprochenen Beobachtungen Lenard's [1]) zusammenhält, so kann man die Röntgenstrahlen nicht als bewegte und elektrisch geladene Materie auffassen, sondern muß einen wesentlichen Unterschied zwischen Kathodenstrahlen und Röntgenstrahlen constatiren. Die Unterschiede sind leicht zusammengestellt. Nach der neueren Ansicht sind Kathodenstrahlen Ströme negativ geladener Massentheilchen, die ihre Ladung selbst dann nicht verlieren, wenn sie zur Erde abgeleitete Metalle durchdringen. Die Röntgenstrahlen können aber keine Elektricität in das Innere metallisch geschlossener zur Erde abgeleiteter Räume oder aus diesen heraus tragen. Wären auch die Röntgenstrahlen Ströme elektrisch geladener Theilchen, so müßten sie, da sie magnetisch nicht ablenkbar sind, eine viel größere Geschwindigkeit, also auch eine viel stärkere negative Ladung besitzen als die Kathodenstrahlen. Die beiden Strahlenarten scheinen demnach auch qualitativ verschieden zu sein.

Einen Schritt weiter geht Walter [2]) mit der Hypothese, daß die Röntgenstrahlen nichts anderes sind, als die von der Antikathode nach allen Seiten hin diffus reflectirten Kathodenstrahlentheilchen, die an derselben ihre elektrische Ladung verloren haben. Ausgegangen wird dabei davon, daß die Kathodenstrahlen fortgeschleuderte negativ geladene Massentheilchen sind. In der That ist sofort einleuchtend, daß solche Theilchen, die nicht geladen sind, auch nicht magnetisch ablenkbar sein können. Auch müssen ungeladene Theilchen ein größeres Durchdringungsvermögen besitzen als geladene, da letztere von dem zu durchdringenden Körper angezogen werden. Die geladenen Theilchen durchdringen aber sogar abgeleitete Metallkörper (Lenard'sches Fenster) also werden die nicht geladenen Teilchen diese Eigenschaft erst recht haben. Es ist oben die Rede von der Größe des Verhältnisses $\frac{\varepsilon}{\mu}$, d. h. des Verhältnisses der elektrischen Ladung zur Masse der geladenen Theilchen gewesen. Dieser Werth ist von ziemlicher Bedeutung. Er spielt bekanntlich eine Rolle bei der Elektrolyse. Hat man es hier mit einer elektrolytischen Ladung der Theilchen zu thun, bei

1) Vgl. Hierzu auch Perrin's Untersuchungeu Compt. rend. Bd. 121. S. 1130. 1893.

2) Wied. Ann. Bd. 66. S. 74 1898.

welcher die Gase in Jonen gespalten werden, so müßte dieses Verhältnis $\frac{\varepsilon}{\mu}$ von der Natur des Gases unabhängig sein. Es scheint aber, als sei dieser Werth constant. Ferner ist er etwa 1000 mal so groß als dasselbe Verhältnis für Wasserstoff bei elektrolytischer Ladung desselben. Aus diesen Gründen scheint man mit einer Spaltung des Gases der Röhre oder des Elektrodenmaterials, überhaupt mit der Annahme von Jonen als Träger der Ladung schon bei den Kathodenstrahlen nicht auszukommen, sondern man muß kleinere Theilchen annehmen. Wenn Wiechert's[1]) Annahme, daß die „elektrischen Atome", deren Bahnen die Kathodenstrahlen bilden, ihre elektrische Ladung dauernd festhalten, richtig ist, so fällt damit Walter's Erklärung der Röntgenstrahlen. Freilich zerfallen, wenn die Walter'sche Theorie richtig ist, alle Hoffnungen und Versuche, die Röntgenstrahlen zur Aufklärung über das Wesen der Elektricität zu verwerthen.

Auf Grund dieser Hypothese werden sodann die wichtigsten Eigenschaften der Röntgenstrahlen zu erklären versucht, wobei noch einige weitere Hypothesen zu Hilfe genommen werden müssen; z. B. wird zur Erklärung der entladenden Wirkung der Röntgenstrahlen auf elektrisch geladene Körper angenommen, daß die von ihnen bestrahlte Luft ionisirt wird. Zur Bekräftigung dieser Meinung wird auf die Dissociation bei hohen Temperturen hingewiesen, die auch eine Folge des Zusammenprallens heftig bewegter Gasmoleküle ist.

Auf alle diese Betrachtungen sei hier nicht weiter eingegangen. Nur erwähnt sei, daß A. Bosmaer und F. L. Ortt[2]) eine ganz ähnliche Theorie aufgestellt haben.

Ueber Sichtbarkeit der Röntgenstrahlen hat Dorn[3]) zwei Arbeiten veröffentlicht. Es sind nämlich seine früheren Versuche auf Accommodationsstörungen (das sogenannte „Accommodationsphosphen") zurückgeführt worden.

Dorn hat nun die Sichtbarkeit auch bei gelähmten Accommodationsapparate nachgewiesen. Ein Beobachter Dr. Schlodtmann lähmte eines seiner Augen mit Homatropin. Er sah die Röntgenstrahlen mit dem gelähmten Auge nur unbedeutend

1) Naturw. Rundsch. Bd. 12. S. 237 1897. Siehe auch Beibl. Bd. 21. S. 443 1897. 2) Nature. Bd. 56. p. 316. 1897.
3) Wied. Ann. Bd. 64. S. 620. 1898.

schwächer als mit dem normalen. Bei einem anderen Beobachter wurde constatirt, daß weder Inductorfunken nach Funken des Teslatransformators sichtbar waren, daß also auch eine Täuschung durch elektrische Erscheinungen in der Nähe des Auges ausgeschlossen schien. Auch verschwand der Lichteindruck sofort, sobald man die Röntgenröhre umkehrte, d. h. die Rückseite der Antikathode dem Auge zuwendete. Röntgen[1]) hat die Beobachtung gemacht, daß der Lichteindruck, den ein sehr schmaler Spalt im Auge hervorruft, in einem schwachen Lichtstreifen besteht, welcher nicht gleichmäßig ist, und je nach der Stelle, in welcher das Auge von den durch den Spalt gegangenen Röntgenstrahlen getroffen wird, gerade, gekrümmt oder kreisförmig ist. Diese Formen gehen bei Bewegung des Auges in einander über. Der Gesichtseindruck erklärt sich leicht aus der Schnittfigur des lamellaren durch den Spalt gegangen Röntgenstrahlenbündels mit dem Augapfel. Auch Dorn berichtet, daß der gesehene Schatten eines Messingdrahts unter Umständen gekrümmt erscheint.

Auch bei vollständig Farbenblinden hat Dorn[2]) die Sichtbarkeit der Röntgenstrahlen untersucht. Für einen mit dieser Anomalie behafteten Beobachter waren die Röntgenstrahlen sichtbar und zwar stärker als für Dorn selbst, welcher ganz normale Augen hat. Der Beobachter bezeichnete das Licht als „grell" und fast blendend, Dorn fand es nur mäßig hell. Es liegt hier entweder eine directe Erregung der Nerven vor, oder die Netzhaut fluoresciert, und man sieht dieses Fluorescenzlicht. Bisher waren die Versuche, eine Fluorescenz der Netzhaut nachzuweisen vergeblich.[3]) Auch jetzt mißlangen alle dahin zielenden Versuche. Wenn man demnach eine directe Einwirkung auf das Sehorgan annimmt, so würde folgen, daß diese von den Farben empfindenden Theile der Netzhaut unabhängig sein muß. Nun ist die Helligkeit an der Peripherie am größten, wenn das Auge voll von Röntgenstrahlen getroffen wird. An der Peripherie der Netzhaut fehlen aber die Zapfen, es sind also wohl die Stäbchen der lichtempfindliche Theil. Es fragt sich ob die Zapfen unempfindlich sind. Nun enthält der gelbe Fleck (Macula lutea) nur Zapfen. Außerdem ist der blinde Fleck nicht lichtempfindlich. Es müßten also zwei dunkle Stellen

1) Wied. Ann. Bd. 64. S. 37 1898.
2) Ebendas. Bd. 66. S. 1171 1898.
3) Ebendas. Bd. 60. S. 488 1897.

bleiben. Aber der blinde Fleck erscheint auch beim Sehen mit einem Auge ausgefüllt. Dorn ließ nur sehr kräftige Röntgenstrahlen auf einen 6·4 mm breiten Spalt fallen und verschob den Spalt vor den Auge. Die scharf begrenzte Lichtlinie erschien an der Peripherie heller, aber stets ohne Unterbrechung. Es erschien nur eine kürzere oder längere Strecke sehr lichtschwach. Ein Intermittiren war gar nicht oder kaum bemerkbar. Dagegen gelang es mit einer Bleiplatte, in welcher sich ein Loch von 2 mm Durchmesser befand, den Lichtfleck an einer Stelle zum Verschwinden zu bringen. Diese Stelle entsprach dem blinden Fleck. Den Lichtfleck an der Macula lutea zum Verschwiden zu bringen gelang nicht, obwohl diese mindestens die gleiche Größe wie der blinde Fleck hat. Demnach werden auch die Zapfen erregt. Aus einer Zusammenstellung der einzelnen Meinungen darüber, ob Zapfen oder Stäbchen die Farben empfinden, geht die Wahrscheinlichkeit hervor, daß die Stäbchen die Farben vermitteln.[1])

Uranstrahlen. — Ueber die von Becquerel entdeckten Uranstrahlen ist früher schon berichtet.[2]) Eine Erklärung steht noch aus. Zwei Hypothesen sind aufgetaucht. Die eine, von Frau Sklodowska Curie[3]) herrührend, führt die Strahlen darauf zurück, daß der Raum unausgesetzt von Strahlen unbekannter Art, mit sehr großer durchdringender Kraft durchsetzt werde, welche nur von Elementen mit sehr hohem Atomgewicht absorbiert würden. Zu diesen Elementen gehören Uran, Thor und eine in Pechblende enthaltene, bisher unbekannte, von P. Curie und Sk. Curie,[4]) entdeckte Substanz, die 400 mal aktiver ist als Uran und der die Entdecker den Namen „Polonium“ gegeben haben. Die andere Hypothese stammt von Crookes[5]) und nimmt an, daß die in Frage kommenden Substanzen die Fähigkeit hätten, einen Bruchtheil der lebendigen Kraft der Luftmoleküle aufzunehmen, deren Geschwindigkeit einen gewissen Betrag übersteigt. Diese Energie wird dann in die Energie der Strahlen umgesetzt. Diese wunderbaren Anschauungen sind nicht wunderbarer als die Thatsache der Strahlen selbst. Elster und Geitel[6]) haben diese Hypothesen

1) S. dies Jahrbuch. Bd. 34. S 133 ff. 1898.
2) Ebendas. Bd. 32. S. 208. 1896.
3) C. R. Bd. 126. p. 1101. 1898. 4) Ebendas. Bd. 127. p. 127. 1898.
5) Nature Bd. 58. p. 438. 1898.
6) Wied. Ann. Bd. 66. S. 735. 1898.

einer experiementellen Prüfung unterworfen. Die Becquerel-Strahlen entladen elektrisch geladene Körper. Diese Eigenschaft benutzten sie als Maaß für die Intensität der Strahlung. Ist die Crookes'sche Hypothese richtig, so muß die Wirkung im leeren Raum sich bedeutend abschwächen oder verschwinden. Dies ist in der That der Fall für Uran, für die das Polonium enthaltende Uranpechblende jedoch nicht. Die photographische Wirkung der Uranstrahlen wird durch das Vacuum nicht verändert. Dieser Umstand würde also die Crookes'sche Hypothese nicht stützen.

Um die Curie'sche Hypothese zu prüfen, wurde angenommen, daß zwar einigermaaßen dicke Schichten irgend welches Körpers die hypothetischen Schichten durchlassen, aber daß bei mehreren Hundert Meter dicken Gesteinsschichten eine abschwächende Wirkung zu spüren sein müsse. Die beiden Physiker stellten daher in einem Schachte der Klausthaler Bergwercke Versuche an und fanden, daß eine durch Uranpecherz hervorgerufene elektrische Zerstreuung unter einer 300 m dicken Gesteinsschicht noch denselben Betrag hat wie an der Erdoberfläche. Ein photographischer Versuch in noch größerer Tiefe ergab ebenfalls kein positives Resultat. Die von Frau Curie entdeckte neue strahlende Substanz Polonium wurde auch von Elster und Geitel erhalten.

Thorstrahlen. — G. C. Schmidt[1]) hat diese Strahlen einer näheren Untersuchung unterworfen. Eine Thorverbindung, die auf eine eingewickelte photographische Platte gelegt wird, schwärzt diese nach ein bis zwei Tagen und bildet Metallkörper, die sich zwischen Platte und Thorverbindung befinden, ab. Durchlässig sind außer Papier, Gelatine, Glas, Turmalin, Metalle in dünneren Schichten. Mit zunehmender Dicke sind alle Körper weniger durchlässig. Die Durchlässigkeit verschiedener Körper scheint durch die Dichte wesentlich bedingt zu sein. Blei absorbiert unter den untersuchten Substanzen die Strahlen am meisten, sodann kommt Kupfer, Messing, Aluminium, Gelatine, Papier.

Die Strahlen machen die Luft schwach leitend, entladen also elektrisch geladene Körper. Die Wirkung ist unabhängig von dem Zeichen der Ladung. Ebenso wie die Uransalze sind auch die Thorsalze nicht lichtelektrisch empfindlich.

Die Absorption verschiedener Substanzen wurde auch mit Hilfe

1) Wied. Ann. Bd. 65. S. 141. 1898.

der entladenden Wirkung gemessen. Die oben angegebene Reihe wurde vervollständigt. Sie lautet, nach abnehmender Absorptionsfähigkeit geordnet: Blei, Zink, Zinn, Messing, Kupfer, Silber, Aluminium. In aufeinandergelegten Blechen war die Absorption kleiner als die Summe der in den einzelnen Blechen auftretenden Absorptionen. Dielektrica vermögen die Thorstrahlen ebensowenig leitend zu machen, als Röntgen- oder Becquerelstrahlen. Mit Thorstrahlen erregte Luft verliert sehr schnell ihre Leitfähigkeit. Wenn man also von Thor bestrahlte Luft durch eine Röhre saugt, isolirt sie wieder. Die Strahlung ist sehr schwach.

Die Strahlen werden diffus reflectirt. Nach drei Wochen war keine deutliche Spur von Abbildung auf einer photographischen Platte vorhanden, nachdem die Strahlen von einer Bleiplatte reflectirt worden waren, wenn der schattenwerfende Körper in ziemlicher Entfernung von der Platte angebracht war. Lag er direct auf dieser, so war eine Schattenwirkung vorhanden. Eine Brechung scheint vorhanden zu sein. Das Salz wurde in einen Glascylinder gebracht, der mit einem aufgekitteten Deckgläschen verschlossen war. Das Deckgläschen stand auf einem Aluminiumblech, welches auf der photographischen Platte lag. Auf der Platte zeigte sich ein ausgedehnter schwarzer Fleck, in dessen Mitte man den von der direct strahlenden Grundfläche des Cylinders herrührenden geschwärzten Kreis, sowie einen der Glaswandung entsprechenden geschwärzten Ring deutlich unterschied. Dieser Ring war umgeben von einer weiß gebliebenen Zone. Die von den Seitenflächen der strahlenden Salzcylinder ausgehenden Strahlen waren beim Uebergang in die Glaswand gebrochen und an der Begrenzung derselben gegen die äußere Luft total reflectirt worden.

Polarisation war nicht vorhanden, ebensowenig wie eine chemische Wirkung.

Meteorologie.

Das wichtigste Ereignis auf meteorologischem Gebiete ist die erste Conferenz der internationalen aeronautischen Commission[1]), welche am 31. März 1898 in Straßburg zusammentrat. Am 4. April waren ihre Arbeiten beendet. Das Programm wies drei Punkte auf: 1. Besprechung der vier bis

---

1) Met. Zeitschr. Bd. 15 (XXXIII). S. 241. 1898.

dahin ausgeführten Simultanfahrten, 2. Organisation und Ausführung der zukünftigen Fahrten, 3. Einrichtung permanenter meteorologischer Stationen in der freien Atmosphäre mittelst Drachen und Drachenballons.

Die theoretischen Resultate der vier ersten Fahrten, über die schon berichtet wurde[1]), soweit die Resultate publicirt sind, wurden nicht besprochen. Dagegen fand eine eingehende Discussion der technischen Fragen statt. Eine Subcommission aus drei Deutschen und einem Franzosen wurde eingesetzt, um die Vorschrift für die Berechnung der Höhe unter Berücksichtigung der verticalen und horizontalen Temperaturvertheilung auszuarbeiten. Zur exacteren Controlle der Höhenformeln wird ein von Cailletet vorgeschlagener Apparat benutzt. Eine Camera photographirt ein über ihr befindliches Aneroid und eine Libelle und gleichzeitig auf derselben Platte das unter ihr befindliche Gelände. Die Libelle hat den Zweck, die verticale Aufhängung des Apparates zu controlliren. Aus dem Größenverhältniß des photographirten Geländebildes zur Wirklichkeit läßt sich die Höhe bestimmen und nach dieser Bestimmung die Richtigkeit der Formel controlliren. Von den bemannten Ballons aus kann der Registrirballon durch Visuren verfolgt werden; demselben Zwecke dient ein Apparat (Dromograph) von Besançon und Hermite vom Boden aus.

Die Temperaturbestimmung bietet Schwierigkeiten, weil bei raschem Aufstieg das Thermometer der Temperaturänderung nicht rasch genug folgt, bei horizontaler Fahrt durch Fehlen der Ventilation die Sonnenstrahlung erheblichen, die Resultate fälschenden Einfluß gewinnt. Den ersten Fehler gleicht man nach einem Vorschlag von Teisserenc de Bort dadurch aus, daß man mit Hilfe eines automatischen Ballastwerfers die Fahrt verlangsamen läßt. Um den zweiten Fehler auszugleichen, wird künstliche Ventilation mit Hilfe eines an einem 1500 m langen Drahte ablaufenden Gewichtes hervorgerufen. Hergesell hat eine Correcturformel für die registrirten Thermometerangaben aufgestellt. Cailletet schlug ein sehr rasch folgendes Thermometer vor, dessen Gefäß eine mit Toluol gefüllte Silberspirale ist. Ein Meinungsaustausch über den Werth der Ventilation durch Uhrwerk (fallendes Gewicht) und durch die Saugwirkung eines Strahls compri-

---

1) S. dies. Jahrb. Bd. 34. S. 209. 1898.

mirten Sauerstoffs erwies die Ueberlegenheit der letzteren Methode. Bei sehr tiefen Temperaturen wurden die Registrirthermometer mit flüssiger Luft geprüft.

In den bemannten Ballons sollen die Barometerstände nur dann mit dem Quecksilberbarometer bestimmt werden, wenn der Ballon nicht wesentlich steigt, die Curve des Registrineroids also wesentlich horizontal verläuft. Die Registrirung der Temperatur ist in bemannten Ballons bisher noch nicht durchführbar gewesen. Doch scheint die Lösung dieses Problems nicht mehr unerreichbar.

Bei zukünftigen Simultanfahrten soll vor allen Dingen versucht werden, eine solche zu einem Zeitpunkte zu unternehmen, an welchem ein großer Theil von Europa unter der Herrschaft tiefen Druckes steht. Zunächst soll, der Unvollkommenheit der Registririnstrumente wegen, das Hauptgewicht auf bemannte Fahrten gelegt werden. Da die Ballons sich sehr stark elektrisch laden können, so sollen sie jährlich mit 10 proc. Chlorcalciumlösung ausgewaschen werden, die Hülle wird dadurch leitend erhalten.

Auf die vielen Thermometerconstructionen, die besprochen wurden, sei hier nicht weiter eingegangen. Nur der Vorschlag, das Registrirwerk in ein Gehäuse von Korkplatten zu setzen, sei erwähnt. Rykotschew läßt ferner den ganzen Schutzkorb so rotiren, daß er, wie ein Ventilator, die Luft nach außen wirft.

Ganz besonders interessant waren die praktischen Versuche. Es wurde zunächst der bekannte von Hauptmann v. Parseval und dann in Verbindung mit Oberleutnant Bartsch v. Siegsfeld verbesserte Drachenballon vorgeführt. Dieses äußerst wichtige Hilfsmittel ist unterdessen auch eine technische Waffe geworden und in allen bekannteren illustrirten Blättern so oft abgebildet, daß auf Wiedergabe einer Zeichnung desselben hier verzichtet werden kann. Er besteht aus einem langen cylindrischen Körper mit abgerundeten Endflächen, an dessen einem Ende ein Luftsack angebracht ist, welcher gleichzeitig zum Ausgleich bei Gasverlusten und auch als Steuer dient. Die Firma Riedinger in Augsburg hat sich mit großen Geldopfern die Construction und immer weitere Verbesserung sehr angelegen sein lassen und sich um die Lösung der Aufgabe große Verdienste erworben. Der in Straßburg während der Conferenz aufgelassene Ballon besaß bei einer Länge von 11 m und einer Höhe von 4·5 m ein Gewicht von

110 kg, ein Volum von 222 cbm und eine Oberfläche von 219 qm. Er war an einem Kabel von einem Gewicht von 50 g für das Meter befestigt. Trotz des denkbar schlechtesten Wetters und ununterbrochener schwerer Regenböen bewies der Ballon mehrere Tage eine große Stabilität. Die Kabellänge, an der er hing, betrug 800 m. Gleichzeitig ließ Leutnant Hildebrand seine Drachen steigen. Der Drachenballon wurde im Ganzen (er stieg schon mehrere Tage vor der Conferenz) dreimal hochgelassen. Er trug das letzte Mal einen von Teisserenc de Bort vorgeschlagenen Thermographen. Ein Versuch, gleichzeitig den Registrirballon „Langenburg" steigen zu lassen, mißglückte, weil beim Niederfallen die auf berußten Papier geschriebenen Curven zerstört und die Instrumente beschädigt waren.

Eine neue Zerreißvorrichtung von Kowanko wurde besprochen, die erheblich besser wirkte, als die bisherigen.

Schließlich fand eine ausgiebige Besprechung der Drachenaufstiege statt, als deren wichtigstes Resultat hingestellt werden muß, daß auch von Hochgipfeln (Sonnblick, Aetna) Drachen emporgelassen werden sollen.

Mit allgemeinstem Interesse ist die berühmte Hochfahrt der „Vega" über die Alpen am 3. Oct. 1898 verfolgt worden. Heim und Spelterini, der erste der bekannte Geologe der Schweiz, der zweite ein kühner und namhafter Luftschiffer, rüsteten mit Hilfe des meteorologischen Instituts zu Zürich und gemäß den Vorschlägen der Straßburger aeronautischen Conferenz den Ballon für diese schwierige Fahrt aus. Die internationale aeronautische Commission plante für denselben Tag einen gleichzeitigen Aufstieg an möglichst vielen Punkten Europas. Der Ballon besaß 18·5 m Durchmesser, einen Inhalt von 3300 cbm und eine Oberfläche von 1066 qm. Das Gesammtgewicht mit Instrumenten und Passagiren betrug 1400 kg. Der Ballon war mit Wasserstoff gefüllt, so daß er 1700 kg Ballast mitnehmen konnte. Hergestellt war der Ballon von Besançon in Paris. Die Füllung und der Aufstieg sollten in Sitten, einem kleinen Städtchen des Rhonethals, erfolgen. Leider traf der Ballon zu spät in Sitten ein, die Füllung verzögerte sich, so daß sie statt drei Tage eine Woche dauerte, und die schönen Tage Ende September ungenutzt vorüber gelassen werden mußten. Am 28. September trat ein Wetterumschlag ein. Am 1. October war

der Ballon endlich fahrbereit. Da der Zeitpunkt des Aufstiegs vorher naturgemäß nicht zu geben war, so mußten sich die Stationen, welche sich am gleichzeitigen Aufstieg betheiligen wollten, schon einige Tage früher bereit halten. Sie waren am 27. Sept. fahrbereit. Endlich Montag, den 3. Oct. früh 8 Uhr gingen von Sitten aus die Telegramme ab, um 11 Uhr den Aufstieg zu unternehmen. Trotz dieser Schwierigkeiten gelang es, überall zur festgesetzten Zeit aufzusteigen. Es stieg in Trappes bei Paris, München, Wien, Berlin, Petersburg je ein bemannter Ballon, in Petersburg und Sitten außerdem noch je ein Registrirballon. Der Registrirballon „Langenburg", der in Sitten stieg, konnte aber leider nur halb gefüllt werden, erlitt außerdem beim Aufstieg selbst so schwere Unfälle (er riß mit dem Instrumentenkorb einen Zaun nieder und streifte durch eine Platanenallee in Folge böigen Wetters), daß er nur unvollkommen registrirte. Der Thermograph registrirte gar nicht. Trotzdem erreichte er eine Höhe von 11000 m und landete bei Morges am Genfersee. Die „Vega" selbst stieg gut. Sie flog in nordwestlicher Richtung über die Diablerets, Yverdon, nach Besançon. Bis dahin hatte der Ballon 6400 m Höhe erreicht und war wieder gefallen, so daß er über Besançon nur noch 2500 m hoch stand. Er stieg jetzt wieder bis auf 6800 m, mußte aber, da nur Spelterini noch frisch war, während Heim sowohl wie der dritte Passagier, Dr. Maurer vom meteorologischen Institut in Zürich, trotz Sauerstoffeinathmung am Ende ihrer Kräfte waren, herunter gehen. Er landete bei dem Dörfchen Rivière, südwestlich von Langres, um 1/2 6 Uhr Nachmittags. Die „Vega" hatte 232 km in 6 Stunden zurückgelegt und war fast geradlinig geflogen. Die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit betrug 11—12 m in der Secunde. Die niedrigste Temperatur war —21° in 6400 m Höhe.

Der Ballon von Teisserenc de Bort, welcher von dessen Privatlaboratorium Trappes, westlich von Paris, aufstieg, erreichte 10 000 m und eine Temperatur von —37°. Er fuhr nach Westen und landete bei Mortagne (Departement Orne). Der Petersburger bemannte Ballon fuhr nach Südosten und erreichte 3500 m bei —9°. In Wien stiegen am 3. und 4. October bemannte Ballons auf, die nordwestlich zogen. Der Berliner Ballon landete bei Burg bei Magdeburg und erreichte —22° und 7400 m. Der Münchener Ballon landete bei Heidenheim an der Brenz im

schwäbischen Jura. In ungefähr 4300 m wurden — 5° beobachtet. Die Temperaturabnahme mit der Höhe betrug 0·52° bis 0·7° für 100 m. Sie war im Osten (Petersburg) am größten, in Paris am kleinsten und dort vielleicht fehlerhaft. Die Temperatur von 0° wurde von der Vega in 3300 m, vom Münchener Ballon in 3700 m, vom Berliner Ballon in 4000 m und vom Petersburger Ballon in 12—1500 m Höhe angetroffen.

Ueber dem Nordosten und Südwesten des Continents lagerten Minima, über Mitteldeutschland (Berlin) ein Maximum. Diese Depressionen saugten diesseits und jenseits des Hochdruckrückens die Luft aus entgegengesetzten Richtungen an und bewirkten so die entgegengesetzten Fahrtrichtungen im Osten und Westen. Der Berliner Ballon stieg mitten im Hochdruck und hatte so eine unbestimmte Fahrtrichtung, er fuhr in einem nach Südwesten offenem Halbkreis. Die Nullisotherme steigt um so höher, je mehr wir uns von Südwesten her der Axe des Hochdrucks nähern. Nach Ueberschreitung dieser Axe steigt sie um so energischer wieder nieder. Demnach hatte die Luftsäule im Hochdruck im Mittel eine höhere Temperatur als im Niederdruck. Dieser Unterschied ging, wie die Minimaltemperatur des Berliner Ballons erwies, bis in die höchsten Höhen. Es kann wohl, da auch die übrigen Temperaturbeobachtungen des Ballons hiermit übereinstimmen, als sicher betrachtet werden, daß die Hochdruckgebiete auch Gebiete hoher Temperaturen sind, die Depressionen verhältnismäßig kalt. Gerade aus dem Grunde, daß man hier die Möglichkeit hatte, Gebiete niederen Drucks mit Gebieten hohen Drucks zu vergleichen, ist die Ballonfahrt vom 3. October sehr werthvoll.

Aber noch eine zweite, sehr bedeutungsvolle Thatsache lehrt diese Fahrt. Es ist nämlich erwiesen worden, daß es möglich ist, einen internationalen Ballonaufstieg auch so zu veranstalten, daß gewartet wird, bis eine interessante zur Erforschung geeignete Wetterlage eintritt. Die einzige Bedingung ist, daß die Vorbereitung richtig getroffen werde. So kann man also an die Aufgabe herangehen, bestimmte Wetterlagen zu erforschen.[1])

Daß die Flußläufe die Wolkendecke beeinflussen, beobachtete Erk[2]) bei Gelegenheit verschiedener Ballonfahrten.

1) Met. Zeitschr. Bd. 15 (XXXIII). S. 216. 1898.
2) Ebendas. S. 434.

Bei einer Fahrt am 31. Oct. 1896, die von München nordwestlich nach Neukirchen, nördlich von Augsburg führte, wurden Luftwogen beobachtet. Der Ballon befand sich über einer Wolkendecke, an deren Oberfläche sich 10—15 Wellenberge zeigten, die von ebensoviel gleichbreiten Wellenthälern getrennt waren. Nach einer Schätzung betrug die Gesammtamplitude der Welle etwa 30 m. Bei der weiteren Fahrt sah man die Thäler der Glon (Nebenfluß der Amper) und des Lech sich deutlich als leichtes Thal auf der Wolkendecke abbilden. Ebenso waren die Thäler der Ecknach und der Paar zu erkennen. Diese Vertiefungen folgten jeder Windung des Flusses und gaben ein deutliches Bild des Flusses auf der Karte. Bei einer zweiten Fahrt, 14. Nov. 1896, die von München nach Osten bis in die Gegend von Linz ging und zur ersten internationalen Simultanfahrt gehörte, bildete sich der Inn in derselben Weise deutlich auf der Wolkendecke ab.

Die Dicke der Wolkendecke am 31. Oct. betrug etwa 180 m und die Wolken befanden sich etwa 35 m über dem Boden, am 14. Nov. befand sich die Wolkendecke 460 m über dem Boden und hatte eine Mächtigkeit von 200 m. Die Wirkung des Inn erstreckte sich also auf eine Höhe von 600 m. Daß die Wirkung der Donau nicht bemerkt wurde, erklärt sich wohl daraus, daß der Ballon zuletzt sehr dicht über der Wolkendecke hintrieb.

Um die Erscheinung zu erklären, genügt der Unterschied zwischen Wassertemperatur und der Temperatur der Luft nicht, da er zu gering war. Aber das fließende Wasser verursacht eine Luftströmung, die sich mit dem Flusse bewegt. Herrscht am Boden nur schwacher Wind, so wird sich diese Luftbewegung bis in größere Höhen hinauf geltend machen können. An beiden Tagen waren aber nur geringe Windstärken zu beobachten. So läßt sich z. B. öfters beobachten, daß die Zugsgeschwindigkeit eines Ballons in der Nähe von Flußläufen sich steigert; auch daß sich Luftwirbel über Flüssen bilden, sodaß der Ballon Schleifen beschreibt, ist vorgekommen. Am 18. Juni 1895 trieb Prinz Ruprecht von Bayern langsam bis zur Isar und folgte dann jeder Windung des Flusses, obwohl der Ballon durch Ballastauswerfen bis auf 2500 m stieg.

Der Aufsatz enthält eine sehr interessante Schilderung der beiden Ballonfahrten, die namentlich durch die Wolkenbildungen und die dabei sich ergebenden schönen Bilder äußerst reizvoll waren.

Ueber Zufluß und Abfluß der Luft in Cyklonen und Anticyklonen veröffentlicht Köppen[1]) eine Untersuchung. Die Mehrzahl von Cyklonen entstehen am Südwestrand älterer Cyklonen, wobei die Muttercyklone abstirbt. Diese sind lebenskräftig, während die am Südostrande entstehenden sich hauptsächlich im Sommer und auf dem Festlande bilden, und am selben Tage wieder vergehen. Diese führen meist Gewitter mit sich. Die Mechanik dieser Vorgänge ist noch dunkel. Bekanntlich hat Hann nachgewiesen, daß es falsch ist, den Cyklonen warme Centren zuzuschreiben. Die Ursache der Cyklonenbildung scheint wo anders zu liegen. Es wird eine Theorie entwickelt, deren Ergebnisse die folgenden Schemata sind:

A. Für stillstehende Gebilde und allseitig gleiche concentrische Temperatur und Druckvertheilung.

1. Mitte (Innenraum) oben und unten wärmer als der Umkreis; Zufuhr erschwert, Cyklone mit warmem Centrum, aufwärts abnehmendem Gradienten.

2a und b. Mitte oben kälter als der Umkreis, unten kälter oder wärmer; Zufuhr unten erschwert, oben leicht, Abfuhr in mittlerer Höhe. Cyklone.

2a. Mitte auch unten kalt, Gradienten aufwärts zunehmend, dennoch am Boden centripetal, wegen der Reibung: Die beiden großen permanenten Cyklonen der außertropischen Breiten.

2b. Mitte unten warm, Gradienten in mittleren Höhen am schwächsten: viele temporäre Cyklone außertropischer Breiten mit geringer Ortsveränderung; Circulation wie bei 2a, jedoch unterstützt durch die Druck- und Temperaturvertheilung.

3. Mitte oben warm, unten kalt, Abfuhr unten erschwert, Zufuhr auf halber Höhe erleichtert durch anticyklonale Anfangsrichtung in Folge der Centrifugalkraft umgebenden Cyklonen: Anticyklone. Gradient vom Boden an aufwärts zuerst abnehmend, dann wieder zunehmend. Verhältnisse im oberen Theil noch zweifelhaft.

Die Zufuhr oder Abfuhr der Luft kann durch verschiedene Umstände erschwert sein. Die Bewegung in den Cyklonen läßt sich im Allgemeinen in zwei Theile zerlegen. Die eine dieser Componenten ist radial, d. h. in der Richtung der Gradienten, die

1) Met. Zeitschr. Bd. 15 (XXXIII). S. 161. 1898.

andere tangential, d. h. senkrecht dazu. Sind nun Abfuhr und Zufuhr zu der Mitte einander gleich, so müssen, um das Gleichgewicht herzustellen dort, wo die Einströmung erschwert ist, die Gradienten nach einwärts, wo die Ausströmung erschwert ist die Gradienten nach auswärts gerichtet sein. Im ersten Falle ist also im Inneren niedriger Luftdruck (Cyklone), im zweiten hoher (Anticyklone). Ferner sind im Allgemeinem — von kleineren Wirbeln abgesehen — in Folge der Centrifugalkraft centripetale Bewegungen im Vergleich zu centrifugalen erschwert. In der Nähe der Erdoberfläche sind die Bewegungen in viel größerem Maaße erschwert. Ebenfalls können benachbarte, anders bewegte Ströme und die Mischung mit diesen erschwerend oder begünstigend wirken. Vertical übereinander liegende Luftschichten bewegen sich in Richtungen, die meistens nur spitze Winkel mit einander einschließen. Entgegengesetzte Richtungen sind selten und in unseren Breiten vorübergehend. Eine Bewegung gegen den Gradienten ist im allgemeinen nur möglich, wenn der Luftstrom aus stärkerem in schwächeren Gradienten übertritt.

Ein durch die ganze Atmosphäre reichendes Kältecentrum mit warmer Umgebung würde, wenn keine Erdrotation und kein Einfluß anderer Bewegungen da ist, einen centrifugalen Unterstrom und einen centripetalen Oberstrom ergeben. Der Unterstrom hat mehr Reibung zu überwinden, also ist ein Ueberschuß centrifugaler Gradienten erforderlich, folglich wird das Gebiet bis in größere Höhe hinauf eine Anticyklone darstellen. Wenn die Rotation hinzukommt, so treten tangentiale Componenten auf. Jetzt wird der centripetale Strom erschwert und es wird ein Ueberschuß centripetaler Gradienten nöthig werden, um Gleichgewicht herzustellen. Im Durchschnitt aller Höhen wird der Druck im Inneren geringer sein als in der Umgebung und dies kann bis an den Erdboden hin der Fall sein. Also haben wir eine Cyklone mit kaltem Centrum. Um eine Anticyklone mit kaltem Centrum hervorzurufen, muß die Luft schon eine Bewegung besitzen, die der cyklonalen in Bezug auf die Drehung entgegengesetzt gerichtet ist. Dies ist der Fall, wenn die Luft von benachbarten Cyklonen ausgeschleudert ist.

B. Für fortschreitende Phänomene und nach verschiedenen Richtungen vom Centrum ungleiche Temperatur. Die Translation ist von links nach rechts angenommen.

4. Kein wesentlicher Temperaturunterschied zwischen Mitte

und Umkreis des Gebiets und keine bedeutende Reibung am Erdboden vorhanden. Rasch fortschreitende asymmetrische Cyklone.

5. Mitte am wärmsten. Theilminima am Südostrande einer Depression; sommerliche „Gewittersäcke" mit Linienböe am Nachmittag.

6. Mitte wenigstens in der Höhe am kältesten, Vorderseite warm. Theilminima am Südwestrande einer Depression: Anfangsstadium der meisten großen Cyklonen gemäßigter Breiten.

7. Vorderseite kalt, Rückseite warm, Mitte unten kalt oben warm. Fortschreitende Anticyklone.

Interessante Resultate ergaben sich über Barometermaxima und Minima aus den Beobachtungen auf dem Pikes Peak.[1] Es wurden die correspondirenden Messungen dieser Gipfelstation und der Thalstation Colorado Springs bei vier Haupttypen untersucht. Alle Fälle beziehen sich auf das Winterhalbjahr. Die vier Haupttypen sind.

1. Ein ausgeprägtes Minimum vom Pacific erreicht den Kontinent an der mittleren oder nördlichen Küste, schreitet nach Osten fort und erreicht die Seenregion als eine energische atmosphärische Störung.

2. Eine zweite Klasse von Depressionen macht sich zuerst an den südlichen Abhängen der Rocky-Mountains bemerkbar und schreitet hierauf nordöstlich fort, so daß sie, und zwar mit zunehmender Intensität, die Seenregion erreicht.

3. Barometermaxima, welche das Vorrücken einer Kälteinvasion von den westlichen canadischen Provinzen ins Missisipithal und gegen den Golf von Mexiko begleiten.

4. Stationäre Maxima über der Plateau-Region, welche anfänglich mit dem Beginn des Typus 3 übereinstimmen, aber dann nicht weiter fortschreiten.

Die Untersuchung der Daten bei diesen vier Typen ergab:

Typus 1. Die Minima waren für Pikes-Peak ziemlich central. Beide Stationen gehen ziemlich parallel. Das Barometerminimum tritt auf den Gipfel 3 Stunden später ein, als zu Colorado Springs, die Drucksteigerung aber nach dem Vorübergang der Depression ist weniger rapid wie unten. Unten zeigt sich eine gut markirte Temperaturzunahme beim Herannahen des Mini-

1) Met. Zeitschr. Bd. 15 (XXXIII). S. 58. 1898.

mums, oben ist dieselbe nur angedeutet. Das Temperaturmaximum tritt überall etwas vor dem Luftdruckminimum ein. Diese Minima überschreiten also die Rocky-Mountains ohne wesentliche Aenderung ihres Charakters bis zu Höhen von über 4300 m.

Typus 2. Die Temperatur sinkt tiefer als im vorigen Fall. Auf dem Pikes-Peak steigt die Temperatur bei diesen Depressionen gar nicht, sie bleibt anfänglich constant und fällt dann rasch. In Colorado Springs zeigt sich aber eine erhebliche Temperaturzunahme zur Zeit des niedrigsten Barometerstandes. Die beiden Stationen stimmen nur im Sinken der Temperatur überein.

Typus 3. Das Maximum tritt in den westlichen canadischen Provinzen auf und ist von einem raschen Sinken der Temperatur begleitet. Diese niedrige Temperatur rückt schließlich bis zum Golf vor. Die Luftdruckvertheilung in der Höhe ist in diesem Falle sehr verschieden von der auf Meeresniveau reducierten. Die Winde stimmen daher auch nicht mit den auf Meeresniveau reducierten Barometerständen. Aus den Druckänderungen in der Höhe scheint hervorzugehen, daß der Beginn der Kälte im Nordwesten vielmehr ein Effect des Vorübergangs eines Barometerminimums, als der des vorrückenden Barometermaximums ist. Denn letzteres hat in der Höhe einem sehr wenig ausgeprägten Charakter. Der hohe Druck folgt dann auf die Abkühlung als Effect der Kälte und Trockenheit der Luft in den unteren Schichten. Auf dem Pikes-Peak ist in diesen Fällen das Steigen des Luftdrucks viel weniger ausgesprochen als in Colorado Springs. Das Maximum wird erst 12 Stunden später erreicht. Die Temperatur sinkt stets während der Luftdruck steigt. Das Minimnm tritt zuerst auf dem Pikes-Peak, 6 Stunden später in mittleren Höhenlagen und 12 Stunden später in Colorado Springs ein. Die weiter folgende Zunahme ist unten rascher als oben.

Typus 4. Die Barometermaxima treten auf dem Plateau des Felsengebirges mit denselben Eigenschaften auf wie in Mitteleuropa und speciell in den Alpen. Die mittlere Temperatur der Luftsäule in den Minimis im Januar und Februar ist — 9°, in den Maximis aber nur — 6,3°. Es ergiebt sich also, daß die mittlere Temperatur der Luftsäule in den Anticyklonen höher ist als in den Cyklonen.

Erk giebt eine Uebersicht der meteorologischen

Verhältnisse Oberbayerns.[1]) Oberbayern ist durch den schroffen Uebergang des Hochgebirges in die Ebene ausgezeichnet. In Folge davon gestalten sich die Verhältnisse am Südrande von Theildepressionen anders als sonst in Mitteldeutschland. Diese Theildepresionen bilden sich am Südrande der großen Depressionen, welche von Nordwesten in Europa eindringen. Sie zeigen ebenso wie die großen Depressionen in Folge der in ihnen aufsteigenden Luftströme zunehmende Bewölkung und Niederschläge, da beim Aufsteigen der Luft Abkühlung eintreten wird. Gelangen diese Theilminima jedoch in die Nähe der Alpen, so wird die Luftzufuhr von Süden her durch die Alpenkette gehemmt. Die Luft, welche das Minimum ansaugt, wird nicht horizontal zuströmen können, sondern sie wird aus größeren Höhen der Depression zugeführt werden müssen. Vor allen Dingen wird die Luft aus den Thälern abgesaugt und nach diesen aus der Höhe zuströmen. Dabei wird die Luft aber aus den höheren Schichten als Ganzes heruntersinken, sodaß in allen Horizontalschichten das Luftdruckgefälle von der kleinen, allmählich gegen die Alpen heranziehenden Depression bis zu dem hohen Druck über den Alpenkamm zwar steil, aber doch immerhin stetig bleibt. Dieser hohe Druck, der bei dem geschilderten Vorgange über den Alpen lagern muß, ist gerade in den charakteristischsten Fällen nur ein keilförmiger Ausläufer, der von einem größeren Maximum im Osten über das Alpengebiet vorspringt und mit seiner Längsaxe sich an die Hauptkette und an die Südflanken der Alpen anschmiegt. Die dabei entstehende Luftbewegung ist der Föhn.

Wenn die Luftschichten als Ganzes heruntersinken, so kommen alle Lufttheilchen in derselben Horizontalschicht unter immer höheren Druck. Ein seitliches Ausweichen der Lufttheilchen ist daher ausgeschlossen, die Luft wird comprimirt und erwärmt sich. Dabei wird sie relativ trocken, eine Erscheinung, die sich bis zu außerordentlicher Höhe steigern kann, sodaß schon 4% relative Feuchtigkeit beobachtet worden sind. Diese Trockenheit tritt dadurch noch intensiver auf, daß die Luft in den hohen Schichten kalt ist und daher nur eine geringe absolute Feuchtigkeit besitzt. In Folge aller dieser Umstände ist die südöstliche Seite dieser Theildepressionen stets warm und trocken, und es treten keine aufwärtsstei-

1) Met. Zeitschr. Bd. 15 (XXXIII). S. 298. 1898.

genden Luftströme auf, da die Luft ja vom Kamme der Alpen heruntersinkt. An der nordwestlichen Seite zeigen die Theildepressionen jedoch ihren gewöhnlichen Charakter. Es herrscht also dort trübes, regnerisches Wetter. Die Durchmesser der Depressionen sind verschieden, sodaß sie sich manchmal bis zur Donau, manchmal nur bis München erstrecken.

Die Depressionen bewegen sich stets nach der Seite der stärksten Erwärmung hin. So halten sich also auch diese Theildepressionen am Alpenrande und trennen sich demgemäß von der Hauptdepression, indem sie selbständig werden und den Rand der Alpen nach Osten entlang ziehen. Am Ostrande der Alpen gerathen die Depressionen zwischen den Böhmerwald, den Greinerwald und die niedrigen Ostausläufer der Alpen, der Grund zur Föhnbildung und einseitigen Erwärmung fällt weg, das kleine Minimum wird rasch ausgefüllt und verschwindet. Es verläuft also in Südbayern am Gebirgsfuße hin eine ausgesprochene Zugstraße kleiner Depressionen, welche den Föhn hervorrufen.

Bei Föhn beobachtet man häufig eine ausgesprochene Klarheit der Luft. Es treten z. B. vom Hohenpeißenberg aus gesehen die Hintergründe der Thäler und die Moränen der Gletscher aus der Eiszeit mit selten gesehener Schärfe hervor, die sonst schwarzen Tannenwälder erscheinen grün und man erblickt die feinsten Modellirungen des Bodens. Diese Klarheit ist der Vorbote des Eintritts schlechten Wetters.

Diese große Durchsichtigkeit der Luft ist eine den Föhn stets begleitende Erscheinung, sie tritt also nicht, wie man häufig sagt, bei feuchter, sondern bei trockener Luft auf. Die Zunahme des Feuchtigkeitsgehalts ist aber nur eine Folge des Föhns. Denn wenn die Depression vorüberzieht, drehen die Winde über West, Nordwest nach Nord. Man gelangt auf die Rückseite der Depression, wo die Luftströmungen den normalen aufsteigenden Charakter haben, und diese Bewegung nach oben wird durch den südlich ansteigenden Erdboden noch erhöht, da ja die Winde jetzt gegen das Gebirge wehen. Diese aufsteigenden Luftströme condensiren den Wasserdampf, und der Feuchtigkeitsgehalt wächst. Es folgt somit auf den Föhn meist regnerisches Wetter. Durch Untersuchungen von Vogel in Berlin ist festgestellt worden, daß der Wassergehalt der Luft ihre Durchsichtigkeit gar nicht beeinflußt, sondern daß nur der Staubgehalt die Durchsichtigkeit bedingt. An

der Küste ist der Seewind zwar sehr feucht, aber staubfrei und somit durchsichtig, der Föhn ist ebenfalls staubfrei.

Die Luftfeuchtigkeit und die Temperatur zeigen bei Föhn fortwährende kleine Schwankungen. Diesen Umstand erklärt die den Föhn begleitende Reizwirkung auf nervöse Personen.

Diese Zugstraße bedingt ferner starke Gewitterbildung, die ja überhaupt bei kleinen Depressionen und Theildepressionen (Gewitternahen) eintritt. Besonders günstig sind für sie die Gegenden des Starnberger Sees und des Chiemsees.

Die Druckfurche beeinflußt auch die östlichen Winde. Steht Mitteleuropa unter dem Einfluß solcher Winde, dann werden diese in München und der bayerischen Hochebene besonders heftig, wie auch ihre Zahl dort ziemlich groß ist. Die Stationen am Gebirgsfuß haben dann Windstillen und Südost- bis Südwestwinde. Die Hochebene ist dabei sehr rauh, der Gebirgsfuß weniger. Die Druckfurche verstärkt eben die Ostwinde am Nordrande, am Südrande treten statt der Ostwinde Südwinde auf. München liegt also schon nördlich von der Druckfurche, der Gebirgsrand südlich.

In den Wintermonaten fällt der stärkste Niederschlag nicht in die größten Höhen, sondern in die Höhe von 600—1000 m. Erst gegen das Frühjahr hin rücken die Niederschläge in große Höhen. Im Februar und März haben die bayrischen Hochstationen die größte Schneemenge. Gegen den Sommer hin rücken die größten Niederschläge in noch größere Höhen und steigen im Spätherbst wieder in das tiefere Niveau. Im Mittelgebirge haben wir im Winter das Maximum der Niederschläge. Im Verhältniß hat der bayerische Wald mehr Niederschläge als die Alpen. Der bayerische Wald stellt sich einmal den Westwinden gerade in den Weg, aber er liegt auch nördlich jener südbayrischen Druckfurche, ist also den kalten nördlichen Winden besonders ausgesetzt. Die Winde müssen außerdem am Gebirge in die Höhe steigen und condensiren dabei ihre Wasserdämpfe. Das Alpenvorland wird durch die Zugstraße vor Nordwinden geschützt und der häufige Föhn zehrt die Schneedecke dort oft auf, wenn über dem bayrischen Wald der kalte „böhmische Wind" weht.

Eine sehr merkwürdige Trombe beobachtete Finsterwalder in München.[1]) Am 27. Mai 1897 5^{45} p. sah er von

1) Met. Ztschr. Bd. 15 (XXXIII). S. 79. 1898.

der Unterfläche einer Gewitterwolke einen stumpfen Trichter mit langen dünnen Schlauch herabhängen. Das untere Ende war scheinbar stabil, das obere zog langsam gegen Westen, so daß der Schlauch allmählich eine Neigung erhielt. Mit dem Opernglas sah er im Inneren des Schlauchs einen röhrenförmigen Hohlraum. Endlich bildeten sich wulstförmige Hervorragungen, der ringförmige Wirbel und der Schlauch verschwand, indem er sich gelb färbte und eine leichte, rasch verfließende Trübung der Luft zurückließ. Die Erscheinung ist vielleicht durch den Rauch verbrennenden Gestrüpps hervorgerufen. Die nach Messungen etwa 2 m im Durchmesser haltende Röhre ist jedenfalls sehr auffallend.

Es ist in diesem Jahrbuch über eine Hagelwolke berichtet worden, welche Streit in der Nähe von Venedig beobachtete.[1] Zu diesen Beobachtungen macht Mack einige allgemeine Bemerkungen.[2] Auch Blasius hat schon früher die Streit'schen Beobachtungen mit seinen Theorien über Hagelwolken in Verbindung gebracht und sie als rotirende Wolken aufgefaßt. Mack unterzieht nun diese Anschauung einer Kritik. Zunächst glaubt Mack der Meinung von Blasius' nicht beitreten zu können, daß die beobachteten Wolken nicht concentrisch waren. Ferner glaubt Mack, daß man es eher mit zwei Wirbelringen mit horizontalen kreisförmigen Axen zu thun hat. Die Eistheilchen, welche den schirmförmigen Schleier bildeten, könnten sich nämlich bei einer Rotation um eine verticale Axe nicht radial, sondern nur tangential bewegen. Auch andere Beobachtungen treffen mit den Erscheinungen nicht zusammen, die in Gebilden vorkommen, welche um eine verticale Axe rotiren. Mack hat neue Versuche gemacht, um ähnliche Erscheinungen zu studieren. Die Wolke war eine Cumuluswolke und ihre Entstehung auf einen aufsteigenden Luftstrom zurückzuführen. Dieser Strom muß der Mächtigkeit der Wolke entsprechend sehr stark gewesen sein. Ein Glastrichter war an einen Schlauch angesetzt der in ein Rohr mündete. Das Ende dieses Rohres war umgebogen und seine Oeffnung vertical nach oben gerichtet, sie befand sich am Boden eines Glascylinders. Das Rohr war derart gebogen, daß der Glastrichter höher gestellt werden konnte, als der obere Cylinderrand. Der Trichter konnte durch Zahn-

---

1) S. dies. Jahrb. Bd. 33. S. 211, 1897.
2) Met. Ztschr. Bd. 15 (XXXIII). S. 281. 1898.

trieb gehoben und gesenkt werden. Der Niveauunterschied ließ sich dadurch messen, daß zwei in Spitzen auslaufende Drähte mit den Flüssigkeitsoberflächen im Trichter und im Cylinder in Berührung gebracht wurden. Zwei Marken an den Drähten, die denselben Abstand von den Spitzen hatten, dienten zur Einstellung des Kathedometers. Der Trichter war mit Hahn verschließbar und mit Fuchsin gefüllt, der Cylinder enthielt Wasser. Es gelang so mit großer Regelmäßigkeit ähnliche Formen zu erhalten, wenn man, nachdem die Fuchsinlösung eine Weile ausgeströmt war, den Hahn für kurze Zeit schloß und dann die Lösung von Neuem ausströmen ließ. Die Streit'sche Wolke wird nun mit Hilfe eines starken die dicke Cumuluswand durchdringenden Luftstroms erklärt. Aßmann hat ähnliche Erscheinungen am Säntis beobachtet und auch Mack sah verwandte Erscheinungen.

Mit Hilfe der Hefner-Alteneck'schen Drucklibelle hat West[1]) minimale Druck- und Temperaturschwankungen in der Atmosphäre beobachtet. Ein in der Mitte ganz schwach geknicktes Rohr ist an beiden Enden umgebogen und die eine dieser Umbiegungen ist wieder zur Mitte zurückgeführt, wo sie durch einen Stopfen in das Innere einer Flasche reicht. Durch denselben Stopfen ist ein zweites Rohr, dessen oberes Ende ebenfalls umgebogen ist, gesteckt. Die außerhalb der Flasche befindlichen Enden der beiden Röhren müssen in gleicher Höhe liegen. In der schwachen Knickung sitzt ein Petroleumtropfen. Das zweite Rohr (Ausgleichsrohr) ist mit einem Holzpflock verschlossen, um den Druckschwankungen, die sich ins Innere des Rohrs fortpflanzen, möglichst großen Widerstand entgegenzusetzen. Die Flasche ist mit Sägespähnen umgeben. Die Fehlerquellen sind nicht klein, aber stören das Resultat nicht dermaaßen, daß es unbrauchbar würde.

Es hat sich gezeigt, daß der Luftdruck nie constant ist. Die Druckschwankungen verlaufen stets unregelmäßig. Sie sind um so größer, je lebhafter der Wind ist. Die Luftmassen stoßen bei ihrer horizontalen Bewegung an Hindernisse, prallen hinter diesen wieder zusammen und geben so zu Pulsationen Anlaß, die diese kleinen Schwankungen hervorrufen.

Mit Hilfe eines Differentialthermometers wurden auch die

1) Wied. Ann. Bd. 65. S. 943. 1898.

Temperaturschwankungen gemessen. Zwei Glaskolben von gleichem Volum waren durch ein Rohr verbunden, in dessen horizontalem Theil sich ein Petroleumtropfen befand. Der eine Glaskolben ist gut isolirt, der andere hat sehr dünne Wände. Es ließ sich aber nur selten eine Uebereinstimmung mit der Druckcurve constatiren. Im Ganzen sind die Messungen nicht sehr genau.

Eine Theorie der Luftelektricität giebt Brillouin[1]). Hallwachs hat die Entladung negativ geladener Körper unter dem Einfluß des ultravioletten Lichts entdeckt. Andere haben seine Beobachtungen bestätigt. Buisson hat die Wirkung des ultravioletten Lichts auf Eis untersucht und gefunden. Ist der Eisblock trocken und negativ geladen, so wird er unter dem Einfluß des ultravioletten Lichts rasch entladen. Die Wirkung ist der zehnte bis zwanzigste Theil von der Wirkung auf Zink. Sobald das Eis naß wird, ist die Wirkung viel geringer und schließlich, wenn eine Wasserschicht das Eis bedeckt, verschwindend klein. Also ist Eis gegen ultraviolettes Licht empfindlich, Wasser unempfindlich. Außerdem wird die Wirkung stärker bei niedrigen Drucken.

Existirt in irgend einem Augenblick in der Luft ein elektrisches Feld, so laden sich die Eisnadeln der Cirruswolken durch Influenz, und zwar positiv an einem, negativ am andern Ende. Durch Bestrahlung verlieren sie ihre negative Elektricität und bleiben positiv geladen. Also werden die Cirruswolken unter dem Einfluß der Sonnenstrahlen positiv elektrisch. Die Luft wird unter dem Einfluß der ultravioletten Strahlen nicht leitend. Die negative Elektricität bleibt in der umgebenden Luft, die Wolke als Ganzes erscheint daher positiv, wenn die Nadeln sich von der umgebenden Luft trennen. Die Luft, welche aus der Gegend kommt, in der sich Cirruswolken befinden, ist negativ elektrisch. Also stammt die Ladung der Atmosphäre von den Eisnadeln der Cirruswolken und wird durch die Strahlung der Sonne auf diese hervorgerufen.

Der schwächste Punkt dieser Hypothese ist wohl die Nothwendigkeit, eine elektrische Ladung irgendwo und zu einer Zeit voraussetzen zu müssen, ohne sie erklären zu können.

Pockels[2]) hat versucht, die bei Blitzschlägen er-

---

1) Met. Zeitschr. Bd. 15 (XXXIII). S. 38. 1898.
2) Met. Zeitschr. Bd. 15 (XXXIII). 1898.

reichte Stromstärke zu schätzen. Schon Kohlrausch hat einen solchen Versuch gemacht, indem er die Schmelzwärme benutzte, die für Kupferdrähte nöthig ist. Es ergeben sich Stromstärken zwischen 52000 und 9200 Ampère. Pockels benutzt den an exponirten Basaltfelsen häufig beobachteten remanenten Magnetismus. Durch Vorversuche wurde das remanente magnetische Moment als Function der Feldstärke bestimmt, und dann wurden die Stäbe durch Batterieentladungen, die durch Capacitätsänderungen und eingeschaltete Widerstände in weiten Grenzen variirt werden konnten, magnetisirt. Das remanente Moment wurde gemessen. Da Basalt ein Isolator ist, so können sich keine Inductionsströme bilden, die die Magnetisirung schwächen würden. Verläuft der Strom auf einer längeren Strecke geradlinig, so muß der zu magnetisirende Basaltstab in eine zur Strombahn senkrechte Lage gebracht werden. Die Länge des Stabes muß klein sein gegen seinen Abstand von der Strombahn. Um auch dies zu prüfen, wurde eine Batterie durch einen Messingstab entladen. Die zuerst eingeschalteten Widerstände wurden so lange vermindert, bis ein senkrecht zum Messingstab aufgestellter sehr kurzer Basaltstab das Maximum des remanenten Magnetismus enthielt. Die Stromstärke läßt sich dann berechnen. Wenn man nun in verschiedenen Abständen und an möglichst vielen Orten Basaltstäbe an die Blitzableiter anlegt, so kann man erreichen, daß bei einigen das Maximum des remanenten Magnetismus eintritt, und die Stromstärke berechnen.

Pockels suchte nun in der Nähe von Waldbäumen, die der Blitz getroffen hatte, kleine Basaltstücke und maaß ihren Magnetismus. Allerdings mußten die Basaltstücke erst in Stäbe zerschnitten werden, deren Axe mit der magnetischen Axe zusammenfiel. Dies ließ sich bei einigen Stücken erreichen. Die Stromstärken berechneten sich in zwei Fällen zu 6450 und 10800 Ampère. Für ein drittes Stück aus dem Siebengebirge ergab sich 6600 Ampère als Stromstärke. Diese Werthe sind sicher nur untere Grenzen. Denn erstens waren die Bedingungen der Gleichungen nicht alle erfüllt, zweitens maaß man nur die Componenten nach der Längsrichtung der zerschnittenen Stäbe und drittens waren die Blitzschläge alle schon mehrere Jahre alt, ein Umstand, der den remanenten Magnetismus wahrscheinlich vermindert hat.

Es ergiebt sich also mindestens eine Stromstärke von

10000 Ampère. Aus Riecke's Berechnungen würden sich ebenfalls durchschnittlich 10000 Ampère ergeben. Endlich lieferte ein Stück vom Winterberge 14—15000 Ampère Stromstärke.

Elmsfeuer auf dem Brocken.[1]) — Diese Erscheinung ist trotz aufmerksamer Beobachtung bisher nur zweimal beobachtet worden (seit 1. Oct. 1896), nämlich am 29. März 1897 und am 16. Febr. 1898. Beidemale herrschte dichter Nebel und es fiel graupelartiger Schnee. Die Erscheinung zeigte sich beidemale zuerst um 9 p. Am 16. Februar dauerte sie länger und konnte genau beobachtet werden. Zuerst erschienen intensiv röthlich weiße Flämmchen an den Spitzen sämmtlicher Blitzableiter und an den Zacken des dieselben bedeckenden Rauhreifs. Schließlich sprühten auch andere Zacken an Wegweisern, Dachecken und ferner die Kopf- und Barthaare der Beobachter Flämmchen. Hob man den Finger über die Blitzableiterspitze, so konnte man die Erscheinung auf die Fingerspitze übertragen. Die Flämmchen bevorzugten neben den Blitzableitern hervorragende Rauhreifzacken.

Durch elektroskopische Messungen wurde festgestellt, daß man es mit positiver Elektricität zu thun hatte. Die Flämmchen hatten einen elliptischen etwa 3 mm langen Kern von intensiv röthlich weißer Färbung. In der Verlängerung seiner Längsaxe saß daran ein ebenso langer Stiel von gleicher Färbung und hieran ein Büschel feiner blaßröthlich weißer gegen das Ende hin weißlicher Strahlen von 2—3 cm Länge mit einem Oeffnungswinkel von über 90°. Die Flämmchen an den Barthaaren waren nur ½ cm lang, an den schilfleinenen Röcken zeigten sich elliptische leuchtende Flecken ohne Strahlen. Die Strahlenbündel waren sehr beständig und bewegungslos und sehr hell.

Die Erscheinung hörte dann auf und trat um 9^{45} p in anderer Form von Neuem ein. Es war jetzt mit einem länglichen 6—7 mm langen weißlich violetten Kern durch einen dünnen fast 1 cm langen weißlichen Stiel, ein Bündel außerordentlich zarter, scheinbar in einer Ebene gelegener 2—3 cm langer weißlich violetter Strahlen verbunden, deren äußerste einen Winkel von 45° einschlossen. Die Erscheinung war sehr schwach und wurde noch schwächer, ja sie kam mitunter zum Verschwinden, wenn ein Graupelkorn dicht an der Blitzableiterspitze vorüberfiel. In Folge dieser

1) Met. Zeitschr. Bd. 15 (XXXIII). S. 236. 1898.

Unbeständigkeit war eine elektroskopische Untersuchung der Elektricität unmöglich. Jedoch hatte man es in diesem zweiten Falle wohl mit negativer Elektricität zu thun.

Gewitter waren an beiden Tagen weder auf dem Brocken noch in der Nähe. Nur in Hildesheim ging ein solches nieder.

Knisterndes Geräusch wurde nur am 16. Februar und nur am Elektroskop, physiologische Erscheinungen oder nervöse Reizungen wurden gar nicht wahrgenommen.

Am 9. September 1898 wurde ein glänzendes Nordlicht über ganz Mitteleuropa beobachtet. Diese an sich seltene Erscheinung wurde namentlich dadurch noch besonders bemerkenswerth, daß sie auch in ziemlich niederen Breiten gesehen wurde. So liegen z. B. aus Oesterreich eine ganze Reihe von Beobachtungen vor. Andere Beobachtungen sind namentlich dadurch werthvoll, daß sie von Männern der Wissenschaft angestellt wurden. Denn es ist ja immer dem Zufall überlassen, wer gerade eine solche Erscheinung bemerkt und verfolgt. Eine Anzahl von Mittheilungen über das Phänomen sei hier wiedergegeben. [1])

So war z. B. in Göttingen außer dem bekannten Astronom Prof. Ambronn, welcher zu der Zeit des Nordlichts Messungen mit dem Repsold'schen Heliometer machte, eine Reihe hervorragender Naturforscher (fast alles Physiker) der dortigen Universität, die in einer Gesellschaft versammelt waren, in der Lage, sehr gute Beobachtungen anzustellen. Für ihre Zuverlässigkeit bürgen die Namen Riecke, Voigt, Schering, Wiechert, E. Meyer. Sie bemerkten 9^{15} p ein Lichtband von überall nahezu gleicher Breite und mit einer von unten nach oben abnehmenden Lichtintensität. Besonders hell war der untere Saum von 1 bis 2^0 Breite. Die obere Grenze war verwaschen, wurde aber später noch verwaschener. „Die ganze Erscheinung machte ungefähr den Eindruck einer auf dem Horizont lagernden dunkeln Nebelwolke, deren oberer Rand vom Monde beschienen wird." 9^{15} schätzte man die Punkte, an denen der Nordlichtbogen den Horizont trifft nach den Sternen Arktur und Capella. Spätere Messungen ergaben als Azimutunterschied beider Punkte 125^0. Die Mitte des Bogens lag 12^0 westlich von der Nordrichtung. Die Höhe des Bogens wurde an der unteren Grenze zu 12 bis 13^0 bestimmt, der obere

1) Sie sind zusammengestellt Met. Ztschr. 15 (XXXIII). S. 388. 1898.

Rand reichte zeitweise bis in die Mitte des großen Bären. Einzelne Strahlen schossen im Nordwesten in die Höhe. Die stärkste Entwicklung des Nordlichts fiel in die Zeit von 9^{43}—9^{50}. Strahlenbündel, die zum Theil sehr hell waren, schossen, außerordentlich rasch an Intensität wechselnd, und bisweilen breite Garben bildend, in die Höhe, zuerst in NE, dann in NW. „Die Erscheinung ist von einzigartiger Schönheit." Die mittleren Strahlen erreichten bisweilen den Polarstern. Die Strahlen sind röthlich, bei einigen verbreitet sich erst nach ihrer Entstehung die röthliche Farbe von unten nach oben. Die Strahlen scheinen nicht genau senkrecht auf dem Bogen zu stehen, sondern sind so gerichtet, daß sie sich in einem Punkte schneiden, der tiefer liegt als das Centrum der unteren Begrenzung. Nach Osten hin war die Erscheinung scharf durch ein in der Richtung der Strahlen verlaufendes Band begrenzt. Die röthliche Farbe ist in Nordosten am intensivsten. Helle Sterne sind durch das Nordlicht hindurch sichtbar. 10 p nimmt die Helligkeit ab und die scharfe Begrenzung verschwindet mehr und mehr. Einzelne schmale Strahlen bilden sich für kurze Zeit. Eine größere Helligkeit des Himmels ist bis 12 Uhr sichtbar. Der Himmel im Norden ist während der ganzen Zeit wolkenlos.

Ambronn's Angaben stimmen hiermit überein. Nur die Maaße weichen zum Theil ab. So giebt er die Scheitelhöhe des Bogens zu 5 bis 6^0 an. Aber auch er giebt den beiden Endpunkten des Bogens eine Entfernung von 120^0. Die Mitte lag nach ihm etwa 14^0 nach Westen von der Nordrichtung. Von 9^{30} p an nimmt die Intensität der Erscheinung ab. Auch er hat Strahlen bis 70^0 Höhe beobachtet, also weiter hinaus als die oben genannten Physiker. Er bestätigt gleichfalls die rothe Farbe, die im Osten intensiver war. Ebenso vergleicht auch Ambronn die Erscheinung mit einem „Lichtgewölk." Die Beleuchtung der Stadt (die Sternwarte liegt im Süden) scheint Ambronn etwas gestört zu haben, „die ganze Erscheinung war so brillant und intensiv, wie ich in Deutschland noch nie eine wahrzunehmen Gelegenheit hatte".

Auch Flögel in Ahrensburg bei Hamburg vergleicht die Erscheinung mit Wolkenbildungen. Er sah den Lichtbogen zuerst weiß. Zwischen 9 und 9^{29} p erschienen an vielen Stellen schwache Strahlen. Ihre Basis liegt häufig am Horizont. Das Segment

unter dem Lichtbogen wird immer schwärzer. Uebereinstimmend mit den andern Beobachtern wird ein stetiger Wechsel der Formen constatirt. Die Lichtstrahlen gehen vereinzelt bis zur Polhöhe. Von 9^{29} bis 9^{45}p dauert die Periode der großen Strahlung, „ein majestätisches Schauspiel". Das Lichtband reicht von Arktur bis unterhalb Capella. Die Strahlen erreichen 9^{45}p den Zenith, ohne darüber hinauszugehen. Die Strahlen wandern langsam nach Westen. Die Erscheinung ist an einzelneu Stellen z B. im Perseus intensiv roth. Von 9^{45}p nimmt die Intensität bald ab. Von 9^{55} an ist keine Strahlung mehr zu sehen, erst 10^{14} schießt eine breite Strahlung durch den großen Bären. 10^{30} hört die Strahlung auf, bis 10^{41}—10^{44} ein ungemein deutlicher und constant am Platz bleibender Strahl auftritt links von β Aurigae. Seine Spitzenhöhe ist die der Capella.

O. Boschin in Berlin beobachtete die bekannte Nordlichtlinie 557 $\mu\mu$ während der ganzen Dauer der Erscheinung. Andere Linien im Roth, Grün, Blau und Violett, die man sonst häufig sieht, waren nicht zu sehen.

Meinardus beobachtete das Nordlicht vom Brocken aus. Der Scheitelpunkt des unteren Bogens lag in 10^0 Höhe in der Richtung Nord zu West. Die Färbung war weiß bis grünlich. Der Lichtbogen stieg allmählich höher, seine größte Höhe 9^{30} bis 9^{45}p betrug 12 bis 13^0. Meinardus sowohl wie Flögel vergleicht die Erscheinung mit den oft abgebildeten Draperienordlichtern. Ebenso sah er förmliche Fächer von Strahlen, die zum Theil eine dunkelpurpurne Farbe annahmen. Einige Strahlen gingen bis über den Polarstern hinaus. Zur Zeit größter Lichtentfaltung waren Buchstaben von 5mm Höhe mit einiger Anstrengung zu lesen.

Die k. k. Telegraphenhauptstation in Prag bemerkte elektrische Ströme, die constant waren, und die sich insbesondere auf den nach Norden verlaufenden Telegraphenlinien zeigten. Ihre größte Intensität fiel in die Zeit von 9^{45} bis 10^{15}p. Die Magnetnadel der bei dem erwähnten Telegraphenamte auf den einzelnen Telegraphenleitungen eingeschalteten Galvanometer hat eine gegen die normale Lage verkehrte Ablenkung gezeigt.

III.

Chemie und chemische Technologie.

Die Elemente und ihre Verbindungen.

Die Atomgewichte der Elemente.

Bereits in früheren Jahren haben wir auf die Bestrebungen einer großen Anzahl von Chemikern hingewiesen, das Atomgewichtsverhältniß zwischen Wasserstoff und Sauerstoff genauer zu ermitteln, Bemühungen, die zwar in den Untersuchungen von E. W. Morley hervorragende Erfolge gehabt, aber doch zur klaren Erkenntniß gebracht haben, daß gerade dieses Verhältniß noch keineswegs mit der wünschenswerthen Sicherheit ermittelt werden kann. Diese Thatsache hat nun zu dem Wunsche geführt, für die Atomgewichte der Elemente eine Grundlage zu schaffen, die von diesem Verhältnisse zwischen Wasserstoff und Sauerstoff unabhängig ist, und man hat vorgeschlagen, als Bezugswerth ein Atomgewicht des Sauerstoffs gleich 16 anzunehmen (Jahrb. d. Erf. 29, 1893. S. 230. — 33, 1897. S. 235, 239, 255). Bei der bedeutenden wissenschaftlichen und praktischen Wichtigkeit der Sache kommen wir wiederum auf diese Frage zurück und führen auch einige bisher nicht erwähnte Aeußerungen nachträglich an.

Der Erste, der als Basis der Atomgewichte den Werth O = 16 empfohlen hat, ist B. Brauner gewesen.[1]) Er hat zuerst darauf hingewiesen, daß das Verhältniß H : O = 1 : 15·96, welches namentlich durch L. Meyer Anerkennung in der Welt der Wissenschaft gefunden hatte, eigentlich nur in Regnaults Bestimmungen der Gasdichten eine Stütze findet, daß aber gerade

---

1) Chem. News 58. 1888. p. 307. — Berl. Ber. 22. 1889. S. 1186.

bei diesen Untersuchungen principielle und experimentelle Irrthümer vorgekommen sind. Das Verhältniß H:O ist überhaupt schwierig richtig zu bestimmen, und der Wasserstoff ist das einzige Element, dessen Dichte im Verhältniß zum Sauerstoff direct ermittelt wurde. Die Atomgewichte der übrigen Elemente sind vorzugsweise mit Bezug auf Sauerstoff bestimmt worden und müßten also stets geändert werden, wenn das Atomgewicht des Sauerstoffs eine Aenderung erfährt. Eine solche würde aber bei jeder Neubestimmung des Verhältnisses H : O nöthig werden, wenn hierbei dieses Verhältniß anders gefunden würde, als bisher für richtig gegolten hatte. Daß solche abweichende Resultate von Neubestimmungen dieser Art wahrscheinlich sind, kann nicht bestritten werden. Darum ist eine verhältnißmäßige Unveränderlichkeit der zur Benutzung gelangenden Atomgewichtswerthe nur dann erreichbar, wenn man für Sauerstoff einen constanten Werth annimmt und festhält, als welcher die Zahl 16 vorgeschlagen wird. Der Chemiker würde dann nichts andres thun, als das, was der Physiker schon längst für zulässig erachtet; denn dieser benutzt das ungenau bestimmte Meter als Längenmaaßeinheit, sogar wenn es sich um Messungen auf der Erdoberfläche selbst handelt. Auch W. A. Noyes empfiehlt den Chemikern, sich auf O = 16 zu einigen, zumal dann die Abweichungen der Atomgewichtszahlen von ganzen Zahlen nur bei Natrium, Schwefel, Kalium, Silber, Jod und Platin größer seien, als die möglichen Ungenauigkeiten der Bestimmung.[1]) Es wird dann durch Umrechnung der bekannten Tafel von Meyer und Seubert eine Tabelle der Atomgewichte bezogen auf O = 16 gegeben. Das Gleiche geschah dann weiter durch F. W. Clarke.[2]) — F. P Venable bezeichnete es als eine dringende Nothwendigkeit, daß sich die Chemiker durch Uebereinkunft auf eine bestimmte Bezugszahl für die Atomgewichte einigten.[3]) Nach dem Vorgehen von Berzelius ist schon früher einmal lange Zeit hindurch als solche der Sauerstoff benutzt worden, und dies zu thun, dürfte sich auch jetzt wieder empfehlen. Aber man muß unterscheiden zwischen Grund- oder Bezugszahl (standard) und Einheit (unit) der Atomgewichte. Für erstere ist O = 16 anzuwenden, als Einheit dagegen der sechzehnte

1) Berl. Ber. 24. 1891. S. 238.
2) Chem. News. 63. 1891. p. 76. — 69. 1894. p. 209.
3) Chem. News. 63. 1891. p. 196.

Theil des Sauerstoffatomgewichts. Es würde fehlerhaft sein, das Sauerstoffatomgewicht auch als Einheit zu verwenden, denn da müßten ebenfalls alle Atomgewichte umgerechnet werden und erhielten außerdem von den bisher üblichen ganz abweichende und zum Theil recht unbequeme Werthe. Es wurde bereits früher erwähnt, daß gegen diese Erwägungen hauptsächlich L. Meyer und K. Seubert Bedenken geäußert haben.[1]) Sie waren der Meinung, daß die einzige logisch zulässige Einheit der Atomgewichte H = 1 sei, wie denn auch Clarke gelegentlich ausgesprochen habe, daß man von O = 16 als einer vorläufig willkürlich angenommenen Bezugszahl in nicht zu ferner Zeit auf die philosophisch begründete Zahl H = 1 zurückkommen werde.

Im Allgemeinen ist man jedoch vorläufig auf die Festhaltung des Grundwerths O = 16 zugekommen, worüber bereits im Jahrgange 1897 (S. 256 u. f.) berichtet wurde. Eine neuere Atomgewichtstafel, die auf diese Grundzahl bezogen ist, hat T. W. Richards gegeben,[2]) und A. Naumann sich noch einmal ausführlich darüber ausgesprochen, welche Gründe für diesen Bezugswerth sprechen.[3]) So lange H = 1 und O = 15·96 für richtig gehalten wurden, war der Fehler, den man bei Abrundung von 15·96 auf 16 machte, ungefähr 0·25% von ersterem Werthe. Durch Morley ist aber die Zahl 15·96 als sicher unrichtig erwiesen und dafür 15·879 ermittelt worden. Von diesem Werthe würde bei Abrundung auf 16 bereits eine Abweichung von 0·76% vorliegen. Da man nun gewöhnlich H = 1 daneben festhielt, so war eigentlich die Abrundung am Wasserstoffatomgewicht geschehen (das 1·0025 oder 1·0076 für O = 16 sein würde) und konnte nur bei Wasserstoffverbindungen wesentlich bemerkbar werden, da ja die meisten Atomgewichtsbestimmungen andrer Elemente direct auf O = 16 bezogen waren. Sehr wesentliche Veränderungen der so ermittelten Atomgewichte dürften kaum durch Neubestimmungen herbeigeführt werden, während allerdings alle auf Wasserstoff bezogenen Zahlen dauernd an der Unsicherheit leiden würden, die der Dichtebestimmung dieses leichtesten von allen Gasen anhaften. Für O = 16 spricht auch weiter, daß auf diesen Werth

1) Berl. Ber. 27. 1894. S. 2770.
2) Chem. News. 78. 1898. p. 182, 193.
3) Chem. Ztg. 22. 1898. S. 347.

eine ganze Reihe physikalischer Constanten bezogen sind, die der Chemiker oft braucht, so zahlreiche thermische Werthe, manche Zahlen, die optische, elektrische und magnetische Eigenschaften betreffen, die Atom- und Molekularvolumina u. s. w. Nimmt man nun O = 16 an, so werden die Molekulargewichte der wasserstofffreien Verbindungen so wie bisher bleiben (d. h. falls man sich eben bisher der sog. „abgerundeten“ Atomgewichte bedient hat). In den Wasserstoffverbindungen wird allerdings H = 1·0076 gesetzt werden müssen, was aber selbst bei einer so wasserstoffreichen Verbindung wie Methan nur eine Erhöhung des alten Molekulargewichts um 0·14% ausmacht, also nicht besonders ins Gewicht fällt. Einer besonderen Betrachtung bedürfen noch die Volumenverhältnisse bei Gasen, auf die erst später zurückgekommen werden soll.

Als es galt, einheitliche Methoden zur Untersuchung und Beurtheilung von Nahrungs- und Genußmitteln zu vereinbaren, war die zu diesem Zwecke vom Kaiserlichen Gesundheitsamt berufene Commission gezwungen, auf die Grundlage einheitlicher Atomgewichte für die Berechnung der einzelnen Umrechnungsfactoren zu bringen. Auf Antrag von W. Fresenius wurde die Deutsche chemische Gesellschaft befragt, welche Atomgewichte sie für die richtigsten halte, und diese berief zur Beantwortung der Frage eine aus W. Ostwald, K. Seubert und H. Landolt gebildete Commission, welche bestimmte Beschlüsse in dieser Richtung faßte und weiterhin beauftragt wurde, internationale Vereinbarungen über die den praktisch analytischen Rechnungen zu Grunde zu legenden Atomgewichte anzubahnen.[1]) Wir berichten nunmehr über die wichtigsten Ergebnisse der Verhandlungen und die von der Commission vorgeschlagene Atomgewichtstafel. Es ist von der Commission, wie zu erwarten stand, als Bezugszahl O = 16 vorgeschlagen worden. Ostwald führt zunächst historisch aus, daß zwar Dalton dem System der Atomgewichte H = 1 zu Grunde gelegt, aber bereits Berzelius aus praktischen Gründen dafür O = 100 eingeführt habe, und zwar eben, weil fast alle Elemente sich mit Sauerstoff, aber nur wenige mit

1) Berl. Ber. 31. 1898. S. 2761, 2949. — Ztschrft. f. angew. Chemie. 1898. S. 1148; 1899. S. 57, 361. — Chem. Ztg. 22. 1898. S. 1031; 23. 1899. Heft 21.

Wasserstoff verbinden lassen. Wenn dann auf die Anregung von Laurent und Gerhardt hin die Wissenschaft zu der Dalton'schen Einheit zurückkehrte, so hatte das insofern eine Berechtigung, als man das Verhältnis H : O = 1 : 16 für ganz genau bestimmt ansah. Erst Marignac und Stas steigerten die Genauigkeit der Atomgewichtsbestimmung so erheblich, daß sich Zweifel an der Richtigkeit der bisher verwendeten Atomgewichte einstellen mußten; sie bezogen aber durchweg ihre Zahlen auf O = 16. Dieser Vorschlag fand nicht allgemeine Annahme; vielmehr wurde seit 1883 vielfach das Verhältnis H : O = 1 : 15·96 zu Grunde gelegt, und zwar hauptsächlich in Folge der in diesem Jahre erschienenen Tabelle der Atomgewichte von L. Meyer und K. Seubert. Gegenwärtig weiß man nun, daß die Zahl 15·96 für Sauerstoff falsch, aber auch das Verhältniß H : O = 1 : 15·879 nur bis auf etwa 0·002 Einheiten sicher bestimmt ist, während viele andre Atomgewichtsverhältnisse genauer ermittelt worden sind. Auch der principielle Grund, Wasserstoff als das leichteste Element bilde die natürliche Einheit der Atomgewichte, ist insofern nicht völlig stichhaltig, als man die Möglichkeit der Existenz von Elementen mit kleinerem Atomgewichte zugeben muß. — Während sich also Ostwald ganz entschieden für O = 16 ausspricht, ist Seubert der Ansicht, daß im Principe die Beziehung auf Wasserstoff als Einheit richtig und für manche Betrachtungen theoretischer Art das zweifellos genau ermittelte Verhältnis H : O = 1 : 15·879 nothwendig zu verwenden sei. Auch sei der Werth O = 16 entschieden nur in dem Sinne historisch begründet, als man ihn eben in Bezug auf H = 1 aufgestellt hat. Für die Zwecke der Praxis hält indessen auch Seubert die auf O = 16 bezogenen Atomgewichtszahlen für empfehlenswerth, da sie im allgemeinen mit weniger Decimalen behaftet sind. Auch ist er dafür, hier noch weiter gehende Abrundungen eintreten zu lassen, namentlich von 1·00762 für H in 1·01. — Landolt endlich weist darauf hin, daß für die Erklärung der Lehre von den Atom- und Molekulargewichten allerdings an H = 1 festgehalten werden müsse, daß es aber auch pädagogisch nicht schwierig sein würde, auseinanderzusetzen, was zu dem willkürlichen Werthe O = 16 und zur Beziehung der Atomgewichte auf diesen geführt habe. — Es wird nun schließlich die folgende Tafel der Atomgewichte zur Benutzung vorgeschlagen:

Tafel der Atomgewichte.

Namen der Elemente	Symbole	Atomgewichte	Namen der Elemente	Symbole	Atomgewichte
Aluminium . . .	Al	27·1	Nickel	Ni	58·7*
Antimon	Sb	120	Niobium	Nb	94
Argon (?)	A	40	Osmium	Os	191
Arsen	As	75	Palladium . . .	Pd	106
Baryum	Ba	137·4	Phosphor	P	31·0
Beryllium . . .	Be	9·1	Platin	Pt	194·8
Blei	Pb	206·9	Praseodym (?) .	Pr	140
Bor	B	11	Quecksilber . . .	Hg	200·3
Brom	Br	79·96	Rhodium	Rh	103·0
Cadmium	Cd	112	Rubidium . . .	Rb	85·4
Cäsium	Cs	133	Ruthenium . . .	Ru	101·7
Calcium	Ca	40	Samarium (?) .	Sa	150
Cerium	Ce	140	Sauerstoff . . .	O	16·00
Chlor	Cl	35·45	Scandium . . .	Sc	44·1
Chrom	Cr	52·1	Schwefel	S	32·06
Eisen	Fe	56·0	Selen	Se	79·1
Erbium (?) . . .	Er	166	Silber	Ag	107·93
Fluor	F	19	Silicium	Si	28·4
Gallium	Ga	70	Stickstoff	N	14·04
Germanium . .	Ge	72	Strontium . . .	Sr	87·6
Gold	Au	197·2	Tantal	Ta	183
Helium (?) . . .	He	4	Tellur	Te	127
Indium	In	144	Thallium	Tl	204·1
Iridium	Ir	193·0	Thorium	Th	232
Jod	J	126·85	Titan	Ti	48·1
Kalium	K	39·15	Uran	U	239·5
Kobalt	Co	59	Vanadium . .	V	51·2
Kohlenstoff . . .	C	12·00	Wasserstoff . . .	H	1·01
Kupfer	Cu	63·6	Wismuth	Bi	208·5*
Lanthan	La	138	Wolfram	W	184
Lithium	Li	7·03	Ytterbium . . .	Yb	173
Magnesium . . .	Mg	24·36	Yttrium	Y	89
Mangan	Mn	55·0	Zink	Zn	65·4
Molybdän . . .	Mo	96·0	Zinn	Sn	118·5*
Natrium	Na	23·05	Zirkonium . . .	Zr	90·6
Neodym (?) . . .	Nd	144			

Bemerkungen. Die Zahlen sind mit so viel Stellen angegeben, daß die letzte noch als sicher angesehen werden kann. Ausnahmen hiervon sind mit einem Sternchen bezeichnet; in Wahrheit ist Ni = 58·7 ± 0·2, aber das Atomgewicht des Nickels ist sicher niedriger als das des Kobalts = 59 ± 0·2; bei Bi und Sn sind die Zahlen nicht auf 0·1 sicher. Mit Fragezeichen versehene Elemente sind entweder noch

nicht zweifellos festgestellt oder in ihren Atomgewichten um ganze Einheiten unsicher. Vergleiche hierzu die neueste Atomgewichtstafel von F. W. Clarke (Chem. News. 79. 1899. p. 207).

F. Fischer bemerkt zu diesen Auseinandersetzungen, daß es für die Praxis der Gewichtsanalyse ganz gleichgültig sei, ob die Atomgewichte auf H = 1 oder O = 16 oder O = 100 u. s. w. bezogen würden. Dagegen sei es nicht praktisch, in der Maaßanalyse ebenso zu verfahren, denn hier bilde nach C. Winkler die chemische Einheit das Atomgewicht des Wasserstoffs, und die einem Atom Wasserstoff äquivalente Menge Titersubstanz (in Grammen und im Liter Lösung) sei die Normalmenge. Wolle man nun hier H = 1·01 setzen, so müsse man alle Normallösungen in ihrem Gehalte um 1 % ändern. Auch pädagogisch hält Fischer die von der Commission vorgeschlagene Neuerung für unpraktisch. Andrer Meinung ist W. Fresenius, der auch für die Maßanalyse die Gültigkeit der heute angewendeten Normalgewichte der Titersubstanzen für O = 16 behauptet und einen Bezug derselben auf H = 1 für unstatthaft hält. Nach dem neuen Vorschlag würde z. B. 1 Lit. Normalnatronlauge 40·06 g Aetznatron (statt gewöhnlich verwendeten 40 g) enthalten, während bei H : O = 1 : 15·88 ein Betrag von 39·76 g NaOH nöthig wäre. Auch hält Fresenius die Winkler'sche Definition der Normallösung nicht für schlechtweg richtig, sondern erinnert an die von ihm aufgestellte, wonach 1 Lit. Normallösung „eine wirksame Werthigkeit in Grammen" enthält. Es werden dann weiter die gegebenen Atomgewichte an sich kritisirt und mit den in R. Fresenius, Quantitative Analyse, 6. Aufl., von Clarke 1882 und von Ostwald 1891 gegebenen Werthen verglichen. Die Abweichungen sind — soweit nicht Neubestimmungen der Atomgewichte vorliegen — kaum nennenswerth. — Als Gegner der commissarisch festgestellten Atomgewichtstafel bekennt sich H. Erdmann,[1]) und zwar geht er davon aus, daß jetzt das „Krith", das Gewicht eines Liters Wasserstoff unter Normalbedingungen, mit 0·0900 g zweifellos feststehe und daß auch die Atomgewichte von Ag = 107 und J = 126 sich einfacher ergeben hätten, als bisher angenommen worden wäre. Er weist ferner darauf hin, daß von Noyes und von Clarke auf die Atomgewichte O = 15·89 oder 15·88 berechnete Tafeln bis heute

1) Ztschr. f. angew. Ch. 1899. S. 424, 570, 571, 648, 653, 654.

keine wesentlichen Aenderungen erfahren hätten, also die Zahl O = 15·88 wohl als bewährt bezeichnet werden könne. Er constatirt endlich, daß Stas ganz im Gegensatze zu der Fresenius-schen Angabe den Werth O = 16 nur für hypothetisch ausgegeben und am Wasserstoff als der Atomgewichtseinheit stets festgehalten habe. Die große Bedeutung der Stas'schen Zahlen bestehe gerade darin, daß sie vom Atomgewicht des Sauerstoffs unabhängig seien und sich auf das leicht wägbare Silber bezögen. Erdmann giebt Atomgewichtstafeln, die auf Wasserstoff, Sauerstoff, Uran oder Silber als Einheit bezogen sind, und weist darauf hin, daß die auf Ag = 1 bezogene Tabelle die größte Stabitität des Atomgewichts zeigt. Auch J. Volhard glaubt, daß bei dem Werthe O = 15·88 für H = 1 höchstens die letzte Stelle um etwa eine Einheit unsicher sei, was praktisch ohne Bedeutung sein würde. Die Einheit des Wasserstoffs zu verlassen, errege schwere pädagogische Bedenken, und die von der Commission vorgeschlagene Atomgewichtstafel biete für den Unterricht so wesentliche Schwierigkeiten, daß man ihre Einführung nicht empfehlen könne. Dagegen ist Kurbierschky ganz für die Annahme derselben zu praktischen Zwecken, zumal die runden Atomgewichte für O = 16 der Wahrheit näher kommen, als die abgerundeten Atomgewichte für H = 1. Allerdings bleibt das Ergebniß der Rechnungen dasselbe, ob man nun O = 16 oder O = 15·88 setzt, falls man die Verhältnißzahlen der Atomgewichte dann ungekürzt benutzt. Aber die Kürzungen in der oben angeführten Tafel scheinen Erdmann doch bedenklich weit zu gehen, und für wissenschaftlich genaue Bestimmungen wie zu pädagogischen Zwecken wird man doch immer auf die Wasserstoffeinheit zurückgreifen müssen.

Ehe wir unsere eigne Ansicht über diese Angelegenheit darlegen, und es dürfte nöthig sein, dies zu thun, denn jeder Chemiker muß in dieser Frage eine feste Stellung zu gewinnen suchen, seien im folgenden nochmals die wichtigsten Zahlen zusammengestellt, auf Grund deren erst ein Urtheil gewonnen werden kann.

Atomgewicht des Sauerstoffs Bestimmt von	Bezogen auf H = 1	Es verbinden sich mit 1 Vol. O Vol. H
Keiser 1887	15·872	2·01612
1888, 1891 . . .	15·9492	2·00638
umgerechnet von Dittmar und Henderson . . .	15·902	2·01232

Atomgewicht des Sauerstoffs Bestimmt von	Bezogen auf H=1	Es verbinden sich mit 1 Vol. O Vol. H
Rayleigh 1888	—	2·01106
	15·89	2·01384
Cooke und Richards 1888 .	15·953 ± 0.0017	—
umgerechnet durch Rayleigh	15·896	2·0165
Noyes 1889	15·886 ± 0.0028	2·01434
Dittmar u. Henderson 1890	15·866	—
Noyes 1891	15·898	2·01284
Leduc 1891, 1896 . . .	15·881	—
Rayleigh 1892	15·880	—
Dittmar u. Henderson 1893	15·8651	2·017
v. Laar 1893	15·881	—
Rayleigh 1893	15·882	2·01488
Scott 1893	15·862	2·00245
Thomsen 1894, 1895 . .	15·869	2·00237
Morley 1895, 1896 . .	15·879 ± 0·0011	2·00269
Thomsen 1896	15·8878	—
	15·869 ± 0·0022	2·00268
Leduc 1898	15·882	—
Berthelot 1898	—	2·0024

Gewicht in Grammen bei 0° und 760 mm Barometerstand, an der Meeresoberfläche.

Bestimmt von	1 Lit. Luft	1 Lit. H	1 Lit. O
Regnault 1845 . . .	1·293187	0·089578	1·4298
Leduc 1891	—	0·08984	—
Rayleigh 1893 . . .	1·29327	0·09001	1·42952
Morley 1895, 1896	—	0·089873 ± 0·0000027	1·42900 ± 0·000034
Leduc 1896	—	—	1·4293
Thomsen 1896 . . .	1·29280	0·089947 ± 0·000012	1·42906
Leduc 1898	1·29316	0·08985	—

Hierin gelten die Werthe von Regnault und Leduc (1896 und 1898) für die Breite von Paris, die übrigen für 45°. Hierzu kommen noch die folgenden Umrechnungen, die von J. Thomsen herrühren[1]) und für 45° gelten.

1) Ztschrft. f. anorg. Chemie. 12. 1896. S. 1

Umrechnungen von J. Thomsen auf 0°, 760 mm, Meeresoberfläche und 45° Breite für das Gewicht des Liters in Grammen.

	H	O
Regnault	0·089864	1·42929
Cooke	0·089953	—
Rayleigh	0·089979	1·42904
Morley (directe Bestimmung)	0·089951	1·42900
(indirecte Bestimmung)	0·089870	
Thomsen	0·089947	1·42906
Leduc	0·089850	—

Das Verhältniß der Dichten beträgt nach Thomsen 15·8878, das der Atomgewichte 15·8690. 1 g Wasserstoff entspricht 11·1176 und 1 g Sauerstoff 0·69976 Litern. Ferner wird 1 Lit. Luft mit 1·29280 g angenommen, während Lasch den Regnault'schen Werth für 0°, 760 mm, Meeresniveau u. Breite von Berlin zu 1·293635 g berechnet hat. Endlich sei noch auf eine Arbeit von D. Berthelot hingewiesen.[1]) Derselbe bestimmte das Molekularvolumen und -gewicht für 0° und 760 mm unter Einstellung des Sauerstoffatomgewichts mit 16 wie folgt:

	H	O	
Molekularvolumen	1·00046	0·99924	(gewöhnl. = 2 gesetzt)
Molekulargewicht	2·01472	32	
Atomgewicht	1·0074	16	beide Werthe ± 0·0002

Für Gase, welche genau dem Gesetze von Mariotte folgen, würde das Molekularvolumen gleich 1 sein müssen; für Gase jedoch, die Abweichungen zeigen, beträgt es 1 — a, worin a die Abweichung der Zusammenpreßbarkeit des Gases für eine Druckänderung von einer Atmosphäre gegenüber dem aus dem Mariotte'schen Gesetze folgenden Werthe bedeutet und nach der Regnault'schen Gleichung $\frac{p_0 v_0}{pv} - 1 = a (p - p_0)$ ermittelt werden kann. Der Wasserstoff ist bei 0° weniger, der Sauerstoff mehr zusammendrückbar, als nach Mariotte nöthig wäre, daher die positive bezüglich negative Abweichung vom Werth 1 des Molekularvolumens. Aus der Beziehung der Molekularvolumina nach

1) Compt. Rend. 126. 1898. p. 1030.

obigen Zahlen berechnet sich das Verbindungsverhältniß zwischen Wasserstoff und Sauerstoff zu 2·0024 : 1, während die Scott'sche directe Messung vom Jahre 1893 umgerechnet auf 0° das Verhältniß 2·0026 : 1 ergeben hatte, also fast denselben Werth. Ebenso steht es mit den Atomgewichten. Aus den oben angeführten physikalischen Constanten ergiebt sich H = 1·0074 ± 0·0002; aus den Wassersynthesen O = 15·866 bis 15·897 für H = 1, insbesondere nach Leduc O = 15·881 für H = 1, oder O = 16 für H = 1·0075: fast derselbe Werth, wie oben.

Betrachten wir nun das im Vorstehenden ziemlich vollständig zusammengestellte grundlegende Zahlenmaterial, so fällt ohne weiteres auf, daß das Atomgewicht des Sauerstoffs bezogen auf Wasserstoff in der Mehrzahl der Bestimmungen zu 15·88 gefunden wurde, wenn man es auf zwei Decimalen kürzt; aber es kommen doch auch merkliche Abweichungen vor, und so kann man nicht behaupten, daß diese Zahl zweifellos richtig gefunden sei. Weiter ergiebt sich das Gewicht von 1 Lit. Luft bei 0°, 760 mm Barometerstand, unter dem 45. Breitengrade und an der Meeresoberfläche bestimmt, zu rund 1·293 g, das Gewicht von 1 Lit. Wasserstoff, das sogenannte Krith, zu fast 0·09 g, allerdings mit genauen Werthen zwischen 0·08985 und 0·09001 oder (nach den Thomsen'schen Umrechnungen) zwischen 0·08985 und 0·089979, und das Gewicht von 1 Lit. Sauerstoff zu rund 1·429 g mit Abweichungen der genaueren Werthe zwischen 1·429 und 1·42929. Es ist also auch in diesen Fällen noch keine absolute Sicherheit erzielt, aber die Unterschiede der Bestimmungen sind ziemlich gering, und man wird sich im allgemeinen wohl entweder für die Werthe von Morley oder für die von Thomsen entscheiden, wenn man mit genaueren Zahlen rechnen will. Endlich fällt ganz besonders überraschend auf, daß für die Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff das Gesetz von Gay-Lussac nicht zu gelten scheint, nach welchem sich Gase stets in Volumenverhältnissen verbinden sollen, die sich durch einfache rationale Zahlenverhältnisse ausdrücken lassen. Ziehen wir nur die letzten 5 Werthe in Betracht, so würde sich nämlich ergeben, daß sich mit einem Volumen Sauerstoff 2·00237 bis 2·00269 Volumina Wasserstoff vereinigten. Es läßt sich diese Thatsache auch so ausdrücken, daß man sagt: das aus dem Verbindungsverhältnisse ermittelte Atomgewicht von

Sauerstoff und Wasserstoff ist nicht gleich dem Verhältnisse ihrer Dichten bezogen auf Wasserstoff.

In der Feststellung dieses Ergebnisses der neueren Atomgewichtsuntersuchungen liegt der Ausgangspunkt für die Beurtheilung der neuerdings in Vorschlag gebrachten und oben wiedergegebenen Tafel der Atomgewichte. Es ist wohl kaum anzunehmen, daß nur Wasserstoff und Sauerstoff solche Abweichungen vom Gay-Lussac'schen Gesetze zeigen; vielmehr ist wahrscheinlich, daß dies für alle übrigen Gase gleichermaaßen gilt, daß also das Gay-Lussac'sche nur ein Annäherungsgesetz ist. Damit fällt aber die Nothwendigkeit weg, zwischen Gewicht und Volumen bei Formulirung von Reactionen zwischen Gasen Beziehungen ausdrücken zu wollen, oder mit anderen Worten, man kann die Regel nicht mehr für gültig erachten, daß die Dampf- oder Gasdichte bezogen auf Wasserstoff gleich dem halben Molekulargewichte ist. Es leuchtet ein, wie einschneidend dieser Satz für die bisherige Auffassung sein muß, und es fragt sich eben, ob man die neueren experimentellen Beobachtungen für genügend sicher und beweiskräftig hält, um den Satz anzuerkennen, oder nicht. Es ist kein Zweifel, daß die exactere Bestimmung die nach dem Gewichte ist, und daß also die Ermittelung der Verbindungsgewichte von vornherein größeren Anspruch auf Zuverlässigkeit erheben kann als die auf Grund der Volumenmessung gewonneuen oder aus dem Gay-Lussac'schen Gesetze abgeleiteten Atomgewichte. Aber die bei Wasserstoff und Sauerstoff nach der einen und der anderen Methode erhaltenen Zahlen weichen andrerseits doch so wenig von einander ab, daß es schwer fällt, die so einfachen und schönen Beziehungen, die man bisher zwischen Molekular- bez. Atomgewicht und Gasdichte glaubte annehmen zu dürfen, ohne weiteres aufzugeben.

Wie groß würde nun der Fehler sein, den man beginge, wenn man die alten Beziehungen zwischen Atomgewicht und Volumen für zu Recht bestehend annimmt? Das Beispiel der Wassersynthese kann uns das zeigen:

	H_2	+	O	=	H_2O
Atom- u. Molekulargewichte	2	+	15·88	=	17·88
Volumina nach der Theorie	2	+	1	=	2 (f. Dampf)
Bestimmte Volumina . .	2 Lit.	+	1 Lit.	=	2 Lit. „
Umrechnung nach Krith . .	2 Krith	+	15·88 Kr.	=	17·88 Krith



	H_2	+ O	= H_2O	
In Grammen:				
Krith nach Morley .	0·179746	+ 1·42718324	= 1·60692924	(1)
Krith nach Thomsen	0·179894	+ 1·42835836	= 1·60825236	(2)
Umrechnung nach wirklichem Litergewicht in Grammen:				
Nach Morley	0·179746	+ 1·42900	= 1·608746	(3)
Nach Thomsen . .	0·179894	+ 1·42906	= 1·608954	(4)
Gefundene Volumina nach Morley in Litern	2·00269	+ 1	= ?	
Umrechnung nach wirklichem Litergewicht in Grammen	0·17998776	+ 1·42900	= 1·60898776	(5)

Runden wir durchweg auf 4 Decimalen ab, so hätten wir:

nach	(1)	0·1797 g H	+	1·4272 g O	=	1·6069 g H_2O
„	(2)	0·1799 „ „	+	1·4283 „ „	=	1·6082 „ „
„	(3)	0·1797 „ „	+	1·4290 „ „	=	1·6087 „ „
„	(4)	0·1799 „ „	+	1·4291 „ „	=	1·6090 „ „
„	(5)	0·1800 „ „	+	1·4290 „ „	=	1·6090 „ „
„	(6)	2 „ „	+	15·88 „ „	=	17·88 „ „

Wasser enthält nach	(1)	11·1831 % H	+	88·8169 % O
„ „ „	(2)	11·1864 „ „	+	88·8136 „ „
„ „ „	(3)	11·1705 „ „	+	88·8295 „ „
„ „ „	(4)	11·1809 „ „	+	88·8191 „ „
„ „ „	(5)	11·1871 „ „	+	88·8129 „ „
„ „ „	(6)	11·1857 „ „	+	88·8143 „ „

Der Werth (6), welcher die Berechnung nach der Formel wiedergiebt, stimmt fast genau mit dem Werthe (2) und sehr annähernd mit dem Werthe (1) und (5) überein, weicht aber erklärlicher Weise etwas mehr von den Werthen (3) und (4) ab. Es geht also daraus hervor, daß die Beziehungen zwischen Atomgewicht und Volumen auch nach den neueren Feststellungen als fast genau gültig bei Rechnungen beibehalten werden können, sofern man die Atomgewichte auf Wasserstoff als Einheit bezieht.

Gerade diese letzte Bedingung erfüllen nun aber die von Ostwald, Seubert und Landolt in Vorschlag gebrachten Atomgewichte nicht, denn sie nehmen das Sauerstoffatomgewicht zur Bezugszahl und erhöhen dem entsprechend das Atomgewicht des Wasserstoffs auf 1·01. Wie würden sich nun die oben durchgeführten Berechnungen gestalten? Auch dies sei kurz angeführt.

	H_2	+	O	=	H_2O
Genaue Atomgewichte	2·01524	+	16	=	18·01524
Bestimmte Volumina . . .	2 Lit.	+	1 Lit.	=	2 Lit.
Gewicht derselben in Krith .	2	+	16	=	18

In Grammen:

Nach Morley	0·1797 + 1·4380 = 1·6177	(7)	auf 4 Dezimalen abgerundet.
Nach Thomsen	0·1799 + 1·4391 = 1·6190	(8)	

Als gewichtsprocentische Zusammensetzung des Wassers folgt;

aus	(7)	11·1063 % H + 88·8917 % O
aus	(8)	11·1118 % H + 88·8882 % O
aus H_2O = 18·01524	(9)	11·1863 % H + 88·8137 % O (für H = 1·00762, O = 16)
aus H_2O = 18·02	(10)	11·2098 % H + 88·7902 % O (für H = 1·01, O = 16)

Es ergeben sich bei (7), (8) und (10) sehr merkliche Abweichungen, während (6) und (9) übereinstimmen. Es geht daraus hervor, daß die in der Tafel auf Seite 230 wiedergegebenen Atomgewichte, welche auf O = 16 berechnet sind, nicht zu Volumenberechnungen angewendet werden dürfen. Auch erscheint nach (10) die Abrundung von H = 1·00762 auf 1·01 nicht glücklich, da sie für genauere Berechnungen recht merkliche Fehler herbeiführt.

Volumenberechnungen mit Hülfe des Atomgewichts bezogen auf O = 16 und des Kriths müßten also in Zukunft unterbleiben; statt des Atomgewichts würde die Dichte des betreffenden Gases bezogen auf Wasserstoff einzustellen sein. Unbedeutende Abweichungen würden sich ergeben, wenn man die auf Wasserstoff bezogenen Atomgewichte in die Rechnung einführte, die man aus den auf O = 16 bezogenen durch Division der letzteren mit dem Atomgewicht des Wasserstoffs für O = 16 erhalten würde; z. B. 1 Lit. H = 0·089873 g (Morley) = 1 Krith (K); Atomgewicht des Wasserstoffs = 1·00762 für O = 16 = a; Atomgewicht des Sauerstoffs als Bezugszahl = 16.

Gewicht eines Liters Sauerstoff $= \frac{16}{a} k = 1{\cdot}4271$ g.

Bei allen derartigen Berechnungen würde der Factor $\frac{K}{a} = C$ vorkommen; er wäre für K = 0·089873 (Morley) gleich 0.0892 und für K = 0·089947 (Thomsen) gleich 0·0893. Die Regel würde also lauten: Das Liter eines Gases

wiegt AC Gramm, worin A das Atom- oder halbe Molekulargewicht, berechnet für O = 16, und C eine Constante (0·0892 bis 0·0893) bedeutet. Hierbei ist aber die Voraussetzung gemacht, daß sich die Atomgewichte wie die Gasdichten verhalten, eine Voraussetzung, die nach den neueren Untersuchungen nicht völlig richtig zu sein scheint.

Hier lassen sich am besten die von A. Naumann (siehe S. 227) vorgenommenen Neuberechnungen einfügen. Die erste betrifft die Umrechnung der Dampfdichte in das Molekulargewicht. Hierzu brauchen wir den Werth der Dichte des Sauerstoffs bezogen auf Luft. Wenn 1 Lit. Sauerstoff = s und 1 Lit. Luft = l Gramm wiegt, so wäre diese Dichte gleich $\frac{s}{l} = d$. Naumann nimmt s = 1·429 und l = 1·29306, woraus 1·105135 als Dichte des Sauerstoffs bezogen auf Luft folgen würde. Nach Thomsen wäre s = 1·42906 und l = 1·2928, woraus d = 1·105399 folgte. Nun ist gemäß der Avogadro-schen Hypothese das Verhältniß zwischen Molekulargewicht eines Gases und Dichte desselben bezogen auf Luft eine Constante, so daß wir es nur für ein Gas zu ermitteln brauchen. Für Sauerstoff erhalten wir $\frac{32}{d}$ und also bei d = 1·105135 den Werth 28·95574 und bei d = 1·105399 die Zahl 28·94882. Mit einem dieser Werthe würde also die Dichte eines Gases bezogen auf Luft multiplicirt werden müssen, wenn man sein Molekulargewicht ermitteln wollte. Z. B. ist nach Leduc die Dichte des Wasserstoffs bezogen auf Luft = 0·06948 und nach Rayleigh = 0·06952. Als Molekulargewicht des Wasserstoffs ergiebt sich also nach Leduc 2·01184 oder 2·01136 und nach Rayleigh 2·013 oder 2·01252 (statt 2·01524 für H = 1·00762). — Die zweite Neuberechnung betrifft das Grammmolekularvolumen, d. h. den Raum, welchen das Molekulargewicht eines Gases in Grammen einnimmt, ein Werth, der bei Gültigkeit der Avogadro'schen Hypothese für die Molekulargewichte aller Gase gleich groß sein muß. Für Sauerstoff würde sich 32 : 1·429 = 22·3933 Liter ergeben. Wenn M das Molekulargewicht und L das Litergewicht eines Gases in Grammen bedeutet, so wäre also $\frac{M}{L} = 22{\cdot}3933$ oder $M = 22{\cdot}3933\ L$ oder $L = \frac{M}{22{\cdot}3933}$.

Setzen wir L für den Wasserstoff mit Morley zu 0·089873 ein, so wäre M = 2·01255; für den Thomsen'schen Werth des Kriths (0·089947 g) würde sich dagegen das Molekulargewicht des Wasserstoffs zu 2·01421 ergeben. Auch hier findet man dasselbe also niedriger, als es nach Morley's Atomgewichtsbestimmungen sein dürfte. Setzen wir das Molekulargewicht des Wasserstoffs mit 2·01524 ein, so würde das Litergewicht den Betrag von 0·089993 g annehmen, dagegen für M des H = 2·02 zu 0·0902056 g und für H_2 = 2 zu 0·0893214 g werden. Die letzten beiden Zahlen kann man als Grenzwerthe betrachten; da die verschiedenen Bestimmungen für den Wasserstoff ein Atomgewicht > 1 und < 1·01 ergeben haben, wenn O = 16 gesetzt wird. Daß übrigens die letzten beiden Umrechnungen (Molekulargewicht aus Dampfdichte und Grammmolekularvolumen) keine genauen Resultate geliefert haben, erklärt sich ebenfalls aus dem nicht völligen Uebereinstimmen von Atomgewichts- und Dichtenverhältniß bei H und O.

Aus diesen Berechnungen ergiebt sich, in wie weit Volumenberechnungen auf Grund der Atomgewichte noch befriedigende Resultate liefern auch für den Fall, daß sich die Atomgewichte nur annähernd wie die Dichten zu einander verhalten. Diese Resultate sind offenbar eben auch nur annähernd richtig, aber für mehr praktische Zwecke zumeist ausreichend. Doch empfiehlt es sich in vielen Fällen mehr, die auf H = 1 bezogenen Atomgewichte anzuwenden, als die für O = 16 umgerechneten Zahlen. Für wissenschaftliche Zwecke wird man Volumenberechnuugen nur auf Grund der Dichtenverhältnisse vornehmen dürfen. —

Weit häufiger als Ermittlungen der Raummengen kommen nun aber für den Chemiker Gewichtsberechnungen auf Grund der Atomgewichte in Frage. Hierbei ist es selbstverständlich ganz gleichgültig, ob die Atomgewichte bezogen auf H = 1 oder auf O = 16 zu Grunde gelegt werden, sofern nur die Atomgewichtsverhältnisse in beiden Fällen genau dieselben bleiben. Und es läßt sich nicht leugnen, daß die auf den Seiten 225 bis 229 angeführten Gründe sehr dafür sprechen, die Atomgewichte unter der Annahme O = 16 für Gewichtsberechnungen anzuwenden. Nur muß wiederholt werden, daß die Abrundung des Wasserstoffatomgewichts auf 1·01 doch etwas zu hoch erscheint. Sollte

aber die oben angeführte neuere Atomgewichtstafel allgemeine Annahme finden, so würde auch dieser Uebelstand in Kauf zu nehmen sein, da alsdann der weit größere Uebelstand in Wegfall käme, daß jeder Chemiker sich die seinen Berechnungen zu Grunde zu legenden Atomgewichte nach Belieben aussuchen und so eine Nachrechnung seiner Resultate wenigstens für den Fall einer fehlenden Angabe über die benutzten Atomgewichte erheblich erschweren kann. Auch für die Maaßanalyse erscheint die Anwendung der vorgeschlagenen, auf O = 16 bezogenen Atomgewichte durchaus zulässig. Denn es kommt hierbei im allgemeinen darauf an, daß die Normallösungen im Liter aequivalente Mengen der wirksamen Stoffe enthalten, und nicht auf die absolute Menge der aufgelösten Substanzen. Eine Ausnahme hiervon machen allerdings diejenigen maßanalytischen Arbeiten, bei denen das Resultat nach Cubikcentimetern verbrauchter Normallösung angegeben wird, z. B. die Bestimmung der Reichert-Meißl'schen Zahl, welche angiebt, wie viel Cubikcentimeter $^{1}/_{10}$ Normallauge zur Neutralisation der aus 2·5 oder gewöhnlich aus 5 g Fett gewonnenen flüchtigen Fettsäuren nöthig sind. In solchen Fällen wird man vorläufig an dem bisher üblichen absoluten Gehalt der Normallösung festhalten müssen.

Endlich wäre die pädagogische Seite der Atomgewichtsfrage zu erörtern. Und da wird man allerdings zu dem Schlusse gelangen, daß für den Anfangsunterricht in der Chemie schlechterdings an Atomgewichten festgehalten werden muß, die auf Wasserstoff als Einheit bezogen sind. Es wird dies sofort klar, wenn man sich vergegenwärtigt, wie man dem Anfänger die schwierige Atomtheorie zugänglich zu machen sucht. Man wird vielleicht zunächst allgemein den Begriff Atom erklären, um daran die Erläuterung zu knüpfen, daß die Atome desselben Elements gleich schwer und gleich groß sein müssen. Man wird dann weiter das Gesetz der chemischen Proportionen aus der Hypothese erklären, daß Verbindungen sich nur zwischen Atomen und also nach Atomgewichten vollziehen. Nun muß man aber doch zur Erwähnung der Wege übergehen, auf denen man, wenn auch nicht zu absoluter, so doch zu relativer Ermittlung der Atomgewichte gelangen kann, und sich hier für ein Element entscheiden auf dessen Atomgewicht die übrigen Atomgewichte bezogen werden sollen. So lange man dabei nur von den stöchiometrischen Werthen,

von den Aequivalenten u. s. w. ausgeht, würde es möglich sein, die Atomgewichte auf ein beliebiges Element zu beziehen, wenn auch Wasserstoff als hierzu am meisten brauchbar erscheinen würde. Sobald die Erörterung der Avogadro'schen Hypothese anhebt, wird die Sache auf einmal anders, denn hieraus ergiebt sich, daß die Molekulargewichte sich wie die Dichten der Gase verhalten, und diese Gasdichten bezieht man eben entweder auf die Luft, die aber kein Element ist, oder auf Wasserstoff, und das letztere naturgemäß, da wir im Wasserstoff das leichteste Gas haben. Jeder andre Bezug würde unlogisch und dem Anfänger unbegründet erscheinen. Wie man nun vom Molekulargewicht der Gase zu ihrem Atomgewicht und dazu gelangt, H = 1 den Atom- und nicht den Molekulargewichten zu Grunde zu legen, braucht hier nicht erörtert zu werden. Thatsächlich wird die Ableitung der Atomgewichte und ihre gegenseitige Beziehung dem Anfänger hauptsächlich an der Hand der Avogadro'schen Hypothese einleuchtend und, was besonders zu betonen ist, die Bedeutung der Formeln und Gleichungen für jede Art von Berechnungen, auch die nach dem Raume, erst durch Anwendung des Wasserstoffs als Einheit auf Grund der Avogadro'schen Hypothese klar.

In wie weit man dann später erläutern soll, warum vielfach vorgezogen wird, als Bezugszahl (nicht als Einheit!) O = 16 zu verwenden, das hängt von den Umständen ab, unter denen man zu unterrichten hat; es wird aber auch keine besonderen Schwierigkeiten bereiten, die Gründe für diese Wahl vorgeschrittneren Schülern klar zu machen.

Wasserstoff.

Vorkommen. Daß in der Luft geringe Mengen kohlenstoffhaltiger brennbarer Gase vorkommen, herrührend von Gährungen, Bodenausdünstungen, unvollkommenen Verbrennungen u. s. w., ist schon lange bekannt. Nach A. Gautier sind solche Gase am häufigsten in der Luft der Städte, fast gar nicht im Gebirge und am Meer anzutreffen; dagegen enthält gerade diese reinere Luft stets eine geringe Menge freien Wasserstoff, nämlich 11—18 ccm in 100 l trockner Luft (bei 0° und 760 mm).[1] Das wäre also 0·011 bis 0·018 Volumenprocent, etwa halb

1) Chem. Ztg. 22. 1898. S. 996.

soviel als die freie atmosphärische Luft an Kohlensäure enthält (0·029 bis 0·033 Vol.% CO_2).

Darstellung und Reinigung. Statt des Kipp'schen empfiehlt C. Aschman zur Wasserstoffentwicklung aus Schwefelsäure durch Zink einen einfacheren Apparat, der einen sehr regelmäßigen und lang andauernden Strom des Gases liefern soll und in der Hauptsache aus einer Filtrirflasche mit seitlich an den Hals angesetzten Gasableitungsrohr besteht, während durch den Stopfen ein massiver Zinkcylinder bei Bedarf in die verdünnte Schwefelsäure, mit welcher die Flasche zu drei Viertel erfüllt ist, vorgeschoben werden kann; der Zinkcylinder hängt an einem Glasstabe, welcher in dem Stopfen leicht auf und nieder zu bewegen ist.[1] — E. W. Morley macht auf gewisse Verunreinigungen des Wasserstoffs aufmerksam, die auf Unreinheiten der zur Entwicklung verwendeten Rohstoffe zurückzuführen sind.[2] Wird das reinste Zink im luftleeren Raume geschmolzen, so entweichen Kohlensäure, Kohlenoxyd und Stickstoff, die es in Einschluß enthalten hat; solches Zink würde mit verdünnter Schwefelsäure kohlenoxydhaltigen Wasserstoff entwickeln. Salzsäure enthält oft organische Stoffe, von denen sie nicht befreit werden kann, während Schwefelsäure durch Destillation kohlenstofffrei wird. Bei der Elektrolyse wässriger Alkalien entsteht kohlenstoffhaltiger Wasserstoff, falls das Alkali nicht ganz carbonatfrei war. Am sichersten rein von Kohlenstoffverbindungen erhält man den Wasserstoff durch Elektrolyse von destillirter Schwefelsäure. — Um einen absolut reinen Wasserstoff für wissenschaftliche Zwecke zu erhalten, empfiehlt J. B. Senderens, das Gas erst durch eine concentrirte Lösung von übermangansaurem Kalium gehen zu lassen, die mit Schwefelsäure versetzt ist (eine etwas gefährliche Mischung!), dann durch eine stark alkalisch gemachte concentrirte Lösung desselben Salzes und endlich durch eine Lösung von Silbernitrat in mittlerer Concentration.[3] Doch sind diese Vorsichtsmaaßregeln bei elektrolytisch erzeugtem Wasserstoff überflüssig.

Die Zersetzung von Säuren durch Metalle ist auch zur technischen Wasserstoffdarstellung empfohlen und angewendet worden. (vergl. Jahrb. 23. 1887. S. 242, 243 bis

1) Chem. Ztg. 21. 1897. S. 1049.
2) Chem. Centralbl. 1890.² S. 734.
3) Bull. Soc. Chim. (3) 15. 1896. p. 996.

245. u. 29. 1893. S. 226). So wurde in Amerika das Hawkite-Gas längere Zeit hergestellt, welches aus verdünnter Schwefelsäure durch Einwirkung von zu Blöcken verarbeiteten Schmiedeeisen- und Stahlabfällen gewonnen, also ein unreiner Wasserstoff war. Nach C. J. M. Davis hat das Verfahren aber keinen technischen Werth, da es zu theuer ist. [1]) Statt der Blöcke werden vielfach auch Eisenspähne benutzt, und für diesen Fall schlägt C. Eidner vor, die Spähne in einer rotirenden Siebtrommel (aus welchem Material, ist nicht gesagt) auf die Säure einwirken zu lassen, da sich hierbei die Spähne fortwährend blank scheuern, während der Schmutz durch das Sieb zu Boden fällt (D. R. P. 98271). [2]) — Auch die Zersetzung von Wasser durch glühendes Eisen und ähnliche Methoden sind zur technischen Verwendung gelangt, und das hierher gehörige Verfahren von F. Krupp scheint sich wirklich bis zu einem gewissen Grade bewährt zu haben (D. R. P. 67827, 73978).[3]) Dabei soll zunächst Wasserdampf über ein hocherhitztes Gemenge aus Kohle und Erdkalihydraten- oder carbonaten geleitet werden; es entsteht ein Gemisch aus Wasserstoff und Kohlensäure: $H_2O + C + Ca(OH)_2 = CaO + CO_2 + 2H_2$. Dieses soll durch ein Absorptionsmittel für Kohlensäure streichen, vielleicht nach dem Vorschlage von Solvay u. Co. (D. R. P. 67566) über Natriumferrit, welches in $Na_2CO_3 + Fe_2O_3$ zerfällt, aber durch Erhitzen auf 700° regenerirt werden kann. Technisch reiner Wasserstoff bleibt schließlich übrig. Noch besser jedoch soll die Arbeit in der Weise gelingen, daß man Wasserdampf über auf 800 bis 900° erhitzte mit Alkalien oder Erdalkalien getränkte Kohle leitet und so ein nur aus Kohlenoxyd und Wasserstoff bestehendes Wassergas erzeugt, welches man dann bei möglichst niedriger Temperatur über Eisenoxyde führt, die zu schwammigem Eisen reducirt werden. Hierbei resultirt dann ein Gemisch aus Kohlenoxyd und Wasserdampf, das beim Ueberleiten über die imprägnirte Kohle bei 800—900° wieder in Kohlenoxyd und Wasserstoff zurückverwandelt wird. Das schwammige Eisen würde dagegen in der Hitze das Gemisch von Kohlensäure und Wasserdampf mit Leichtigkeit in eine Mischung von Kohlensäure und Wasserstoff verwandeln, aus welcher erstere

1) Industriess and Iron 15. 1893. p. 276.
2) Chem. Ztg. 22. 1898. S. 695.
3) Ebendas. 17. 1893. S. 689; 18. 1894. S. 676.

weggelöst werden könnte. Das bei dieser Reaction erzeugte Eisenoxydoxyduloxyd könnte von Neuem durch Wassergas reducirt werden. Bei dem Verfahren von V. B. Lewes wird Wasserdampf über im Generator erhitzte Eisenspähne geleitet und das Oxyduloxyd dann weiterhin durch Generatorgas wieder reducirt. Nach W. Lettermann verhält sich hierbei die bei 800° erzeugte Wasserstoffmenge ungefähr wie das Gewicht der Eisenschicht und umgekehrt wie die Geschwindigkeit des Wasserdampfstroms.[1]) Der Einfluß der Geschwindigkeit wächst mit abnehmender Temperatur. Die Menge des erzeugten Wasserstoffs nimmt mit der Temperatur ab; der Beginn der Entwicklung liegt bei 300 und der Höhepunkt bei 800°. Die Wasserstoffentwicklung aus Wasserdampf und Eisen ist eine exothermische Reaction. — G. Schimming will bei dem Verfahren von Lewes die als Reductionsmittel verwendeten Generatorgase durch die den Reactionsraum verlassenden Gase vorgewärmt wissen; auch soll zur Aufrechterhaltung der Temperatur ein Theil der Generatorgase schon beim Eintritt in den Reactionsraum verbrannt und ferner das Eisen mit solchen Stoffen vermischt werden, die chemisch unwirksam sind, das Eisen am Schmelzen hindern und Wärme aufspeichern (D. R. P. 95070, 95071).[2])

Ueber die technische Ausnutzung der Elektrolyse von Wasser berichtet D. A. Latschinow.[3]) Als Elektrolyt wird eine 10 bis 15 procentige Natronlauge empfohlen, die sich in einem gußeisernen, als Kathode dienenden Gefäße befindet. In die Lauge taugt die aus Eisenblech gefertigte Anode. Es ist Sorge dafür getragen, daß die an den Elektroden entwickelten Gase in gesonderte Kammern gelangen, und zwar soll die für das Anodengas (Sauerstoff) bestimmte aus über Ebonitrahmen gespanntem Pergamentpapier bestehen. Der Preis von 1 cbm Sauerstoff + 2 cbm Wasserstoff soll sich auf 2·56 Mark stellen, jedoch ohne Amortisationskosten. Für die Elektrolyse von Schwefelsäure müßte das Gefäß aus Kupfer und die Anode aus Kohle oder einem platinirten Metalle bestehen. R. Hammerschmidt und J. Heß haben die verschiedenen in Anwendung gebrachten Methoden der Wasserzersetzung auf ihren Werth geprüft und

1) Journ. f. Gasbel. 39. 1896. S. 187. 451.
2) Chem. Ztg. 22. 1898. S. 82.
3) Chem. Ztg. 22. 1898. Rep. S. 30.

kommen dabei zu dem Schlusse, daß nur eine Methode empfehlenswerth ist, die beide Wasserbestandtheile in Gasform frei macht und gesondert auffsammelt.[1]) Sie geben eine Zusammenstellung der seit 1885 vorgeschlagenen derartigen Methoden, bemerken aber, daß nur das Verfahren der Elektricitäts-Actiengesellschaft vormals Schuckert u. Co wirklich industrielle Verwerthung gefunden habe. Es handelt sich hierbei um die Elektrolyse einer verdünnten Natronlauge, von der jede Zersetzungskufe 50 bis 60 l faßt. Die Apparate sind durchaus aus Eisen und Hartgummi gefertigt. Sie werden für 200 A gebaut und haben bei dieser Belastung eine Spannung von 2·7 bis 2·8 V. Die Reactionstemperatur von 60° wird durch die Zersetzung selbst aufrecht erhalten. Die Apparate haben sich als betriebssicher erwiesen; jede einzelne Zelle bildet mit der Elektrode ein bequem aushebbares Ganzes, und die Scheidewände sind nicht porös. Um in 24 Stunden 100 cbm Sauerstoff nnd 200 cbm Wasserstoff zu erzeugen, sind 60 Kilowatt oder rund 90 effective Pferdestärken erforderlich; die Kosten für dieses Gasquantum belaufen sich bei voller Amortisation u. s. w. auf 130 Mark. Es würde 1 cbm Wasserstoff aus Schwefelsäure und Zink etwa 2·10 Mark, dagegen elektrolytisch hergestellter Wasserstoff ohne Berücksichtigung einer Verwerthung des Sauerstoffs und einschließlich einer 10 procentiger Verzinsung der Anlagekosten nur 0·65 bis 0·80 Mark kosten.

Physikalische Eigenschaften. Ueber die Dichte des Wasserstoffs ist schon wiederholt und so auch bereits in dem vorangehenden Kapitel dieses Jahrgangs berichtet worden. Hauptsächlich handelt es sich hierbei um Ermittlung des Verhältnisses der Dichten von Wasserstoff und Sanerstoff. Erinnert sei daran, daß nach Lord Rayleigh die Dichte des Wasserstoffs bezogen auf Luft sich im Mittel zu 0·06952 ergiebt[2]), während A. Leduc dafür den Werth 0·06948 angiebt.[3]) — Ueber die Löslichkeit des Wasserstoffs in Wasser hat W. Winkler Mittheilungen veröffentlicht, aus denen hervorgeht, daß auch die Löslichkeit dieses Gases im Gegensatze zu älteren Annahmen mit steigender Temperatur abnimmt.[4]) So beträgt der Absorptions-

1) Chem. Ztg. 22. 1898. S. 123.
2) Chem. Centralbl. 1894.¹ S. 716.
3) Ann. Chim. Phys. 15. 1898. p. 29.
4) Berl. Ber. 24. 1891. S. 89.

coefficient 0·02131 für 0·57 °, 0·01818 für 20·01 ° und 0·01608 für 49·88 °. — Ueber das Occlusionsvermögen der Metalle gegenüber Wasserstoff haben G. Neumann und F. Streintz Untersuchungen angestellt, aus denen die folgende Reihenfolge der Metalle mit zugesetzter Occlusionszahl hervorging: Palladium 502, Kobalt 153 bis 59, Platin 49 bis 6, Gold 46 bis 37, Eisen 19 bis 9, Nickel 17, Kupfer 5, Aluminium 3 und Blei 0·1.[1]) Mit wenigen Ausnahmen nimmt das Occlusionsvermögen ab, wenn mit derselben Metallprobe der Versuch wiederholt wird, weil man vorher die Metalle erhitzen muß und sie hierbei dichter werden. Am wenigsten tritt diese Erscheinung bei den unedlen Metallen auf, da dieselben beim Ausglühen in Luft Oxydation erleiden und das Oxyd sie lockrer im Gefüge erhält. Die Occlusionszahlen (ccm H pro ccm Metall) geben Anfangs- und Endresultate bei derselben Probe wieder und sind abgerundet. — Ueber den flüssigen Wasserstoff haben wir bereits früher berichtet (Jahrb. 29. 1893. S. 228. — 34. 1898. S. 238). Nachzutragen ist, daß nach J. Dewar die specifische Wärme des flüssigen Wasserstoffs 6·4 beträgt, hier also die Flüssigkeit mit der höchsten, bisher bekannten specifischen Wärme vorliegt.[2]) Aber für die Volumeneinheit fällt der Werth auf 0·5. Die Dichte des Gases beim Siedepunkt der Flüssigkeit bezogen auf Luft ist 0·55. Durch flüssigen Wasserstoff kann man in einer Röhre befindlichen flüssigen Sauerstoff so abkühlen, daß er fast vollständig erstarrt! In Folge der außerordentlich tief liegenden Dampfspannung kann man ferner durch Abkühlung mit flüssigem Wasserstoff ein Gefäß vollkommener evacuiren als durch die Quecksilberluftpumpe. — Nach neueren Bestimmungen von J. Dewar ergab sich der Siedepunkt des flüssigen Wasserstoffs bei Messung mit einem Widerstandsthermometer aus einer Rhodium-Platinlegirung zu — 246 und mit einem Thermometer, das Wasserstoff unter vermindertem Drucke enthielt, zu — 252 °.[3])

Die Molekulargröße des flüssigen Wasserstoffs hat W. Vaubel auf Grund der von Dewar bestimmten Siedetemperatur

1) Ann. Phys. Chem. (N. F.) 46. 1892. S. 431.
2) Chem. Centralbl. 1898² S. 259. — 1899¹ S. 819. — Ann. Chim. Phys. (7) 17. 1899. p. 12.
3) Chem. Centralbl. 1899¹ S. 916. — Ann. Chim. Phys. (7). 17. 1899. p. 5.

von —238° zu 5·2 berechnet, gültig für die dem Siedepunkte benachbarten Temperaturen.[1]) Den kritischen Druck des Wasserstoffs giebt Baubel zu wahrscheinlich 15 Atmosphären an.

Chemische Eigenschaften. Ueber das Atomgewicht des Wasserstoffs ist im vorausgehenden Kapitel dieses Jahrgangs ausführlich berichtet worden. Bezüglich der Stellung des Wasserstoffs im natürlichen Systeme der Elemente wirft O. Masson die Frage auf, ob Wasserstoff besser an die Spitze der Gruppe Li, Na, K oder an die Spitze der Gruppe F, Cl, Br, J zu stellen sei.[2]) Er entscheidet sich für das letztere, da H wie die Halogene einwerthig sei und keine Neigung besitze, höhere Werthigkeit anzunehmen, da H wie die Halogene zweiatomige Moleküle besitze (Natriumdampf wahrscheinlich einatomig) da H und die Halogene gasförmig seien, auch die Atomgewichtsdifferenz H : F besser in das System passe als H : Li u. s. w. Nur das metallische Verhalten des Wasserstoffs bei der Elektrolyse sei etwa gegen die Neueinordnung in's Feld zu führen; doch müsse man bedenken, daß in organischen Verbindungen Wasserstoff und Chlor einander substituirten. — Die Wasserstoffflamme färbt sich tiefer blau, nach Schlagdenhauffen sogar veilchenblau, wenn man kaltes Glas oder Porzellan in sie hält; die Ursache hiervon liegt nach Salet in der Gegenwart von Schwefelwasserstoff, nach Schlagdenhauffen aber in dem Vorhandensein von Selenwasserstoff, der dem Selengehalte des Zinks entstammt.[3]) — Nach D. Tommasi ist die kräftigere Wirkung des nascirenden Wasserstoffs lediglich darauf zurückzuführen, daß derselbe die ganze Wärmemenge mit sich führt, die bei seinem Freiwerden auftrat.[4]) Diese Wärmemenge ist bei verschiedenen Darstellungsmethoden verschieden, am höchsten bei Wechselwirkung von Schwefelsäure und Magnesium und von Wasser und Natriumamalgam, am geringsten bei Wasserstoffentwicklung aus Schwefelsäure durch Kadmium. Dementsprechend verhält sich auch die Reactionsfähigkeit des nascirenden Wasserstoffs. — B. Neumann hat über das Potential des Was-

1) Journ. f. prakt. Chemie. (N. F.) 57. 1898 S. 337; 59 1899. S. 246.
2) Chem. News. 63. 1896. p. 283.
3) Chem. Ztg. 23. 1899. S. 439.
4) Bull. Soc. Chim. (3) 17. 1897. p. 961.

serstoffs Untersuchungen angestellt, aus denen nur folgendes an dieser Stelle erwähnt werden kann.[1]) Wird ein mit Platinmohr überzogenes Platinblech in eine Lösung halb eingetaucht, die sich unter einer Wasserstoffatmosphäre befindet, so absorbirt das Platinschwarz Wasserstoff, und dieser vermag dann in die Lösung überzugehen und hier die Rolle eines Jons zu übernehmen, d. h. die aequivalente Menge von Metallionen abzuscheiden, falls die elektrolytische Lösungstension des betreffenden Metalls geringer ist, als die des Wasserstoffs. Es ergab sich, daß Kupfer, Gold, Quecksilber, Arsen, Silber, Antimon, Wismuth und Palladium gefällt wurden, andre Metalle dagegen nicht, was mit der Bestimmung der elektromotorischen Kräfte in Einklang steht. — Nach L. Mond, W. Ramsay und J. Shields occludirt Platinmohr ungefähr sein 310 faches Volumen an Wasserstoff, wovon aber 200 Volumina durch den absorbirten Sauerstoff in Wasser verwandelt werden.[2]) Die Hauptmasse des Wasserstoffs wird bei 200 bis 300 mm Druck bereits aufgenommen, während höherer Druck keine sehr erhebliche Vermehrung der Absorption gibt. Erst bei Rothgluth wird der Platinmohr wieder wasserstofffrei. Beim Erhitzen in Wasserstoff gibt der mit Wasserstoff beladene Mohr ebenfalls einen Theil des Wasserstoffs ab. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß ein Platinwasserstoff $Pt_{30}H_2$ oder $Pt_{30}H_3$ gebildet wird. — Nach Berthelot wird Wasserstoff schon bei gewöhnlicher Temperatur durch absolute reine Schwefelsäure oxydirt, während Salpetersäure selbst bei 100° ohne Einfluß auf ihn bleibt.[3])

Wasserstoffsuperoxyd.

Wasserstoffsuperoxyd wurde von Thénard im Jahre 1818 entdeckt und wird hauptsächlich durch Zersetzung von Baryumsuperoxyd mit einer Säure erhalten, z. B. $BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$. In diesem Jahrbuche ist zuletzt über die interessante Verbindung im Jahre 1887 berichtet worden (Jahrb. 23. 1887. S. 252), so daß heute viel darüber nachgetragen werden muß.

Vorkommen in der Natur. Von verschiedenen Chemikern ist Wasserstoffsuperoxyd in der Luft aufgefunden worden,

1) Ztschr. f. phys. Chemie. 14. 1894. S. 193.
2) Chem. News. 72. 1895. p. 5.
2) Chem. Ztg. 22. 1898. S. 583.

wobei aber nach A. Retter[1]) auf die Schwierigkeit dieses Nachweises neben Ozon, salpetersaurem Ammon und andren Luftbestandtheilen und Verunreinigungen Rücksicht genommen werden muß. E. Schöne fand in 1 cbm Luft bis zu 0·0006 mg H_2O_2. Die Menge des Wasserstoffsuperoxyds ist im Sommer größer, als im Winter und am Tage größer, als in der Nacht. Wahrscheinlich entsteht die Verbindung in Folge des Vorhandenseins gewisser flüchtiger Vegetationsproducte in der Luft bei Gegenwart von Wasserdampf und Sonnenlicht. Auch das Regenwasser enthält gewisse Mengen von Wasserstoffsuperoxyd. Dagegen hat J. v. N. Ilosva die Behauptung aufgestellt, daß man mit vielen, für Wasserstoffsuperoxyd angewendeten Reagentien dies überhaupt nicht von Ozon, salpetriger Säure u. s. w. unterscheiden, mit den für Wasserstoffsuperoxyd wirklich characteristischen Reagentien solches aber weder in Luft noch in Regenwasser nachweisen könne.[2]) Der oxydirende Bestandtheil, der neben Sauerstoff in der Luft vorkomme, sei Untersalpetersäure. A. Bach nimmt Wasserstoffsuperoxyd in der Luft an und glaubt, dasselbe sei durch Zerlegung von „Kohlensäurehydrat“ im Sonnenlichte entstanden: $3H_2CO_3 = HCOH$ (Formaldehyd) $+ H_2CO_4$ (Ueberkohlensäurehydrat); $2H_2CO_4 = 2CO_2 + H_2O_2$. Auch für diese Annahme fehlen directe Beweise.[3]) — Nach E. Wurster soll ferner das Wasserstoffsuperoxyd ein weit verbreiteter Bestandtheil pflanzlicher und thierischer Säfte sein, was nach T. Bokorny in Folge der Verwendung eines unzulänglichen Reagenses von Seiten Wursters als unbewiesen gelten muß.[4]) A. Bach hat sich unter Benutzung der verschiedensten Nachweismethoden bemüht, festzustellen, ob grüne Pflanzen im Augenblicke der Kohlensäureassimilation Wasserstoffsuperoxyd enthalten, aber namentlich deshalb ein negatives Resultat erzielt, weil keins der verwendeten Reagentien sich als sicher brauchbar erwies.[5])

Eine besondre Art der Bildung von Wasserstoffsuperoxyd in der Natur ist die bei der Oxydation von Terpenen in Gegenwart von Wasser, wozu die Gegenwart von Sonnen-

1) Ztschrft. f. angew. Chemie. 1894. S. 126.
2) Berl. Ber. 26. 1893. S. 3011. — 27. 1894 S. 920, 1233.
3) Ebendas. 27. 1894. S. 340.
4) Berl. Ber. 19. 1886. S. 3195. — 21. 1888. S. 1100, 1848.
5) Compt. Rend. 119. 1894. p. 286.

licht nöthig zu sein scheint. Nach C. T. Kingzett addiren ätherische Oele, die Terpene enthalten, Sauerstoff, wobei Kampherperoxyd entstehen soll: $C_{10}H_{16} + 5O = C_{10}H_{14}O_4 + H_2O$; das Kampherperoxyd soll dann mit Wasser sich unter Bildung von Kamphersäure und Wasserstoffsuperoxyd zersetzen: $C_{10}H_{14}O_4 + 2H_2O_2 = C_{10}H_{16}O_4 + H_2O_2$.[1]) Auch Cymol soll bei Sonnenbestrahlung in Gegenwart von Wasser Ursache zur Wasserstoffsuperoxydbildung sein, indem es sich zu einer Toluylsäure und zu Essigsäure oxydirt: $C_{10}H_{14} + 3O_2 = C_8H_8O_2 + C_2H_4O_2 + H_2O_2$. Leitet man durch eine Mischung von Terpentinöl (hauptsächlich $C_{10}H_{16}$) und Wasser im Sonnenlichte Luft, so entsteht eine Lösung, die Kampher- und Essigsäure, sowie Wasserstoffsuperoxyd enthält und unter dem Namen Sanitas als Desinfectionsmittel empfohlen wird. Bei der Oxydation von Terpenen durch Luft, Sauerstoff oder Ozon soll ein Körper $C_{10}H_{16}O_3$ entstehen, der Superoxydcharacter hat: $C_{10}H_{16} + O_3 = C_{10}H_{16}O_3$. Mit Wasser zerfällt er nach der Gleichung $C_{10}H_{16}O_3 + H_2O = C_{10}H_{16}O_2 + H_2O_2$; auch der Körper $C_{10}H_{16}O_2$ („löslicher Kampher") geht in die Lösung. Untersuchungen von G. Papasogli haben im Allgemeinen die Angabe von Kingzett bestätigt, daß Wasser, welches längere Zeit mit Luft und Terpentinöl in Berührung war, wasserstoffsuperoxydhaltig ist.[2]) Versuche mit Eukalyptusöl führten zu ähnlichen Resultaten, und es ist wahrscheinlich, daß die Luft von Nadelholzwäldern nicht, wie gewöhnlich angenommen wird, Ozon, sondern vielmehr Wasserstoffsuperoxyd enthält. Aehnliche Beobachtungen hat bereits früher Radoulowitsch mit Terpen und Wasser gemacht; das Terpen (wahrscheinlich ein unreines Pinen) absorbirte sehr rasch Sauerstoff und zwar um so schneller, je höher die Temperatur war, wobei das Wasser wasserstoffsuperoxydhaltig wurde.[3])

Darstellung und Concentration. Zu dem bereits 1887 angeführten Verfahren von Hanriot (Jahrb. 23. 1887. S. 256) ist noch hinzuzufügen, daß sich verdünnte Wasserstoffsuperoxydlösungen auch durch Destillation im luftleeren Raume concentriren lassen.[4]) Die gewöhnliche Lösung des

1) Chem. Centralbl. (3) 19. 1888. S. 472, 1363. — 61¹ 1890. S. 574.
2) Chem. Centralbl. (3) 19. 1888. S. 1548.
3) Bull. Soc. Chim. (N. S.) 38. 1882. p. 377.
4) Compt. Rend. 100. 1885. p. 57, 172.

Handels, die ihr 10 bis 15faches Volumen an Sauerstoff entwickelt, gibt bei Destillation unter 3 mm Druck fast nur Wasser ab, während ein Wasserstoffsuperoxyd hinterbleibt, das sein 267faches Sauerstoffvolumen liefert. — S. Lustig begründet eine technische Wasserstoffsuperoxyddarstellung auf die von Schönbein gefundene Reaction zwischen Metallamalgamen und Wasser, Säure und Luft.[1]) Es sollen 96 Volumina absoluten Alkohols mit 1 Vol. Schwefelsäure (H_2SO_4) und 3 Vol. Wasser vermischt, dieses Gemisch aber soll eine halbe Stunde lang mit Zinkamalgam geschüttelt und hierauf pro Liter mit 40 ccm des oben genannten Schwefelsäure-Wassergemisches versetzt werden. Nach abermals halbstündigem Schütteln läßt man absitzen und gießt die Flüssigkeit von dem ausgeschiedenen Zinksulfat ab. Die Flüssigkeit enthält 3 bis 3·4 g H_2O_2 im Liter. Es wird im luftleeren Raume der Alkohol abdestillirt und eine concentrirte Wasserstoffsuperoxydlösung als Rückstand erhalten (D. R. P. 40690). Eine technische Bedeutung kann dieses Verfahren wohl kaum beanspruchen. — Nach T. Koller stellt man eine für Bleichzwecke bestimmte Wasserstoffsuperoxydlösung am besten durch Wechselwirkung zwischen Baryumsuperoxyd und Flußsäure des Handels her: $BaO_2 + 2HF = BaF_2 + H_2O_2$.[2]) 15 kg Flußsäure sollen mit 80 l Wasser verdünnt und mit der genau berechneten Menge an Baryumsuperoxyd (etwa 15 kg) versetzt werden, welches mit 20 l Wasser zu einem feinen Brei angerieben sein muß. Der Zusatz erfolgt portionenweise, um jede Temperaturerhöhung zu vermeiden und genau neutralisiren zu können. Man erhält ungefähr 1 hl Lösung mit 10 bis 12 Vol. wirksamen Sauerstoff (?). Die Arbeit soll in einem kupfernen Kessel ausgeführt, aus dem abfallenden Baryumfluorid durch Schwefelsäure wieder Flußsäure gewonnen werden. — A. Gawalowski schlägt vor, käufliches Baryumsuperoxyd nach und nach in zweiprocentige Salzsäure einzutragen, bis nur noch eine Spur freier Säure vorhanden ist, dann abzufiltriren und das Filtrat mit Barythydrat eben alkalisch zu machen, abermals abzufiltriren und nunmehr das Filtrat mit Barytwasser bis zur stark alkalischen Reaction zu versetzen.[3]) Nun soll man 8 bis

1) Dingl. polyt. Journ. 266. 1887. S. 375.
2) Chem. Centralbl. 1890 [1] S. 240.
3) Ebendas. 1889 [2] S. 103.

10 Stunden im bedeckten und gut gekühlten Glase stehen lassen, wobei sich ein krystallinischer Niederschlag von Baryumsuperoxydhydrat bildet. Denselben filtrirt man ab und wäscht ihn mit einprocentigem Barytwasser aus. Das feuchte Superoxydhydrat wird hierauf in die genau berechnete Menge von gut gekühlter 15 procentiger Schwefelsäure eingetragen, wobei sich Baryumsulfat ausscheidet; die abgesonderte Flüssigkeit ist eine reine Wasserstoffsuperoxydlösung. — L. Crismer will das gleiche Ziel durch Lösen des Wasserstoffsuperoxyds in Aether erreichen.[1]) Baryumsuperoxydhydrat wird in einem geringen Ueberschusse von Salzsäure (D = 1·1) aufgelöst, die Lösung aber dann mit dem gleichen Volumen Aether ausgeschüttelt. Im Scheidetrichter wird dann der Aether zunächst von der Chlorbaryumlösung geschieden und dann mit Wasser ausgeschüttelt, an welches er das Wasserstoffsuperoxyd abgibt. Nachdem diese Lösung abgezogen ist, benutzt man den Aether zum erneuten Ausschütteln der Lösung von Baryumsuperoxyd in Salzsäure und die wässrige Wasserstoffsuperoxydlösung wieder zum Ausschütteln des Aethers. Das macht man etwa 6 mal, worauf alles H_2O_2 in wässrige Lösung übergeführt ist. Diese Lösung ist neutral, frei von fester Substanz und nur etwas ätherhaltig; sie trübt Silbernitrat nicht. Man concentrirt sie durch Destillation im Vacuum oder durch Ausfrieren. — Concentrirtes Wasserstoffsuperoxyd gewann P. F. Schilow in ähnlicher Weise durch Ausschütteln des 3 procentigen Handelsproduktes, welches durch Soda alkalisch gemacht worden war, mit Aether und nachfolgender Verdunstung des Aethers.[2]) Es wurde so im günstigsten Falle eine Lösung gewonnen, die rund 5·5 ccm H_2O_2 in 100 ccm enthält, säurefrei war, aber sauer reagirte. — Nach R. Wolffenstein läßt sich die 3 procentige Wasserstoffsuperoxydlösuug, falls sie rein ist, in mäßiger Luftverdünnung bei Temperaturen unter 75° im Wasserbade bis zu 45% concentriren.[3]) Bei 80 mm Druck und 84 bis 85° C geht dann aus dieser Lösung völlig wasserfreies und reines Wasserstoffsuperoxyd über. Sollen allerdings mehr als 1 kg der 3 procentigen Lösung verarbeitet werden, so empfiehlt es sich mehr, erst durch Eindampfen auf 20, dann im

1) Bull. Soc. Chim. (3) 6. 1891. p. 24.
2) Jahrb. d. Chemie. 1893. S. 85.
3) Berl. Ber. 27. 1894. S. 3307.

Vacuum auf 50 bis 55 % zu concentriren, hierauf mit Aether zu extrahiren und im Vacuum abzudampfen.

Bildung bei chemischen Processen. Wasserstoffsuperoxyd entsteht als Nebenproduct bei verschiedenen chemischen Processen, wie bei Verbrennung von Wasserstoff, Kohlenoxyd u. s. w. (vergl. Jahrb. 23. 1887. S. 252). Nach W. R. Dunstan und T. S. Dymond bildet sich H_2O_2, wenn Aether bei Gegenwart von Wasser langsam verbrennt oder wenn unter Gegenwart von Wasser Ozon auf den Aether einwirkt.[1]) Ramsay hat bei rascher Wasserverdampfung die Bildung des Superoxyds beobachtet, und Richardson nimmt an, daß angesäuertes Wasser in Luft und Sonnenlicht wasserstoffsuperoxydhaltig werde. — Ueber Bildung von Wasserstoffsuperoxyd bei der Elektrolyse berichtet M. Traube.[2]) Bei elektrischer Zersetzung von Wasser, Säuren, u. s. w. bildet sich nach ihm zuerst H_2O_2, das erst später in Wasser und Sauerstoff zerfällt. Wählt man 0·92 procentige Schwefelsäure als Elektrolyten, als negative Elektrode aber einen sehr langen und dünnen, an der Oberfläche amalgamirten Golddraht, läßt man die Wasserstoffentwicklung sehr langsam von Statten gehen und leitet man während der höchstens zweistündigen Versuchsdauer einen lebhaften Luftstrom durch die Flüssigkeit, so wird aller Wasserstoff in Superoxyd umgewandelt. Die Erklärung für diese Thatsache soll darin zu suchen sein, daß die Wasserstoffatome an der langen Kathode in sehr großen Abständen von einander frei werden und in Folge dessen nicht mehr chemisch auf einander wirken und Moleküle bilden können. Ist nun freier Sauerstoff in genügender Menge vorhanden, so verbinden sie sich mit diesem zu Wasserstoffsuperoxyd. Im allgemeinen soll die Regel gelten, daß überall, wo H_2 und O_2 sich berühren können, zuerst H_2O_2 entsteht, dagegen Wasser sich nur dann bildet, wenn Stoffe zugegen sind, die leicht Sauerstoffatome abgeben.

Die Annahme von F. Richarz,[3]) daß bei der Elektrolyse von 70 procentiger Schwefelsäure sich von der gebildeten Ueberschwefelsäure (vergl. Jahrb. 33. 1897. S. 285) activer Sauerstoff ablöse und das Wasser zu Wasserstoffsuperoxyd oxydire, ist nach

1) Chem. News. 61. 1890. p. 237.

2) Chem. Centralbl. (3) 19. 1888. S. 216, 217. — Berl. Ber. 22. 1889. S. 1518, 1528, 3057.

3) Berl. Ber. 21. 1888. S. 1669, 1675, 1682.

Traube falsch, weil H_2O_2 gegen Oxydationsmittel unbeständig ist. Der wahrscheinliche Vorgang soll vielmehr durch folgende Gleichungen ausgedrückt sein: $2\,H_2SO_4 + O = S_2O_6(O_2)H_2 + H_2O$, $S_2O_6(O_2)H_2 + 2\,H_2O = 2\,H_2SO_4 + (O_2)H_2$. Die letztere Formel ist auf die Traube'sche Anschauung von der Constitution des Wasserstoffsuperoxyds begründet (siehe später). Die Bildung von H_2O_2 bei Elektrolyse von Schwefelsäure soll auf eine besondere Eigenschaft des Jons $(SO_4)''$ zurückzuführen sein. Dieses soll nämlich in 70 procentige Schwefelsäure oder in Wasser zerfallen: $SO_2(O_2) + 2\,H_2O = H_2SO_4 + H_2(O_2)$. Nach Jorissen bildet sich Wasserstoffsuperoxyd, wenn Amylalkohol, Aceton, Oxalsäurelösungen, verschiedene Fette u. s. w. dem Sonnenlichte ausgesetzt werden.[1]) Es ist dabei das Superoxyd als Product der Einwirkung von nascirendem Sauerstoff auf Wasser zu betrachten. Dabei wird angenommen, daß der Luftsauerstoff durch Alkohole, Aether, Fettsäuren, Ketone u. s. w. in seine Atome zerlegt werden könne und daß diese Atome zunächst sich an die organischen Verbindungen anlagern dürften. Die so entstehenden Additionsproducte seien aber unbeständig und lieferten den addirten in Form von nascirendem Sauerstoff an das Wasser ab, dieses zum Superoxyd oxydirend.

Constitution des Wasserstoffsuperoxyds. Das Molekulargewicht des Wasserstoffsuperoxyds ergibt sich nach G. Tammann aus der Gefrierpunktserniedrigung in Lösung entsprechend der Formel H_4O_4.[2]). Doch hat Tammann diese Angabe später zurückgezogen, nachdem W. R. Orndorff und J. White, sowie Carrara durch die Raoult'sche Gefriermethode auf die Formel H_2O_2 gekommen waren und er durch eigene Versuche sich von der Richtigkeit dieses Ergebnisses überzeugt hatte[3]). Für die Erklärung der Constitution des Wasserstoffsuperoxyds hat, wie schon oben erwähnt, F. Richarz die Elektrolyse von angesäuertem Wasser und von Schwefelsäure herangezogen. Er betont, daß bei der Zersetzung von verdünnter Schwefelsäure durch den elektrischen Strom nicht das Wasser, sondern die Säure elektrolysirt werde, daß an der Anode primär $(SO_4)''$ sich ausscheide und

1) Chem. Ztg. 22. 1898. S. 162.
2) Chem. Centralbl. 1889 ² S. 1041.
3) Ebenda 1892 ² S. 505. — Ztschrft. f. physik. Chemie. 12. 1893. S. 63, 431.

Wasserstoffsuperoxyd sich erst secundär bilde, daß aber die Schwefelsäure selbst primär in Ueberschwefelsäure übergehen könne. Der Unterschied von Ozoniden (Oxydationsmitteln) und Antozoniden soll sich dadurch erklären, daß letztere die Gruppe —O—O— enthalten, während bei den ersteren alle Valenzen des Sauerstoffs mit dem Metalle verbunden sind. Die Antozonide können daher leicht in einander übergeführt werden, wobei Ozon entstehen kann. Wo bei einer Reaction Sauerstoffmoleküle auftreten, können leichter Antozonide als Ozonide sich bilden. Ozonide dagegen entstehen, wenn Sauerstoffatome sich zeigen. Die Ansicht von M. Traube ist bereits früher entwickelt worden (Jahrb. 23. 1887 S. 254). Nach ihm hätte eine Theorie des Wasserstoffsuperoxyds vor allen Dingen zu erklären, warum dieser Körper fast alle bekannten Oxydationsmittel (Ozonide) energisch reducirt. Diese Erklärung liegt nun nach Traube darin, daß Wasserstoffsuperoxyd überhaupt kein Superoxyd ist, sondern vielmehr eine kräftig reducirende Wasserstoffverbindung des Sauerstoffmoleküls vom chemischen Character des Wasserstoffpalladiums (vergl. Jahrb. 34. 1898 S. 332), also $H_2(O_2)$. Man hat bisher angenommen, daß freier Sauerstoff bei allen Oxydationen in seine Atome gespaltet werde und dann erst die Oxydation bewirke. Diese Ansicht ist aber nach Traube falsch.[1]) So erfolgt die Verbrennung bei gewöhnlicher Temperatur (langsame Verbrennung, freiwillige oder Autoxydation) nicht unter directer Spaltung des Sauerstoffmoleküls, sondern unter Zerlegung des weit leichter spaltbaren Wassers. Zink wirkt z. B. bei gewöhnlicher Temperatur auf das Wasser wie folgt: (1) $Zn + 2\,H_2O + O_2 = Zn(OH)_2 + H_2O_2$ und (2) $Zn + H_2O_2 = Zn(OH)_2$. Wird amalgamirtes Zink in feiner Vertheilung mit Kalkmilch und kohlensäurefreier Luft geschüttelt, so entsteht ein gewisser Betrag von Calciumsuperoxydhydrat. — Wasserstoffsuperoxyd wird überhaupt nur bei Einwirkung von freiem Sauerstoff oder Ozon, aber nie durch nascirenden Sauerstoff (durch Atome O) gebildet. So liefert z. B. Palladiumwasserstoff bei Gegenwart von Wasser und Luft zunächst H_2O_2, dann erst H_2O: (1) $Pd_4H_2 + O_2 = Pd_4 + H_2O_2$ und (2) $Pd_4H_2 + H_2O_2 = Pd_4 + 2\,H_2O$. Dagegen entsteht mit übermangansaurem Kalium sofort Wasser:

1) Berl Ber. 26. 1893. S. 1471, 1476.

$Pd_4H_2 + O = Pd_4 + H_2O$. — Wasserstoffsuperoxyd entsteht nie durch directe Oxydation von Wasser, denn Wasser entzieht keinem Oxydationsmittel Sauerstoff, und andererseits wird H_2O_2 durch jedes Oxydationsmittel zerstört. Dagegen wirkt H_2O_2 oxydirend auf kräftige Reductionsmittel, weil es hierbei in zwei Hydroxyle zerfällt, z. B. $Zn + H_2O_2 = Zn(OH)_2$ oder $SO_2 + H_2O_2 = SO_2(OH)_2$. Daß diese Hydroxyle jedoch noch nicht in Wasserstoffsuperoxyd selbst enthalten sind, geht aus dessen Indifferenz im Vergleich mit andren Oxydationsmitteln hervor. Die wirkliche Constitution ist vielmehr $H-(O=O)-H$, ähnlich wie die des Ozons als $\begin{matrix} O=O \\ \diagdown\ \diagup \\ O \end{matrix}$ aufgefaßt werden muß. — Nach C. T. Kingzett wäre die Formel des Wasserstoffsuperoxyds entweder $=O-O<{H \atop H}$ oder $=O=O<{H \atop H}$, worin also der Sauerstoff entweder drei- oder vierwerthig sein würde.[1]) Begründet wird diese Auffassung durch das Verhalten des H_2O_2 gegen Silberoxyd: $3H_2OO + Ag_2O = 3H_2O + AgO_3 + Ag + O$. — J. W. Brühl erklärt, aus spectrometrischen Untersuchungen, aus der specifischen und Molekularrefraction des Wasserstoffsuperoxyds u. s. w. gehe hervor, daß die Constitution des Wasserstoffsuperoxyds nicht $H-O-O-H$ sein könne, daß vielmehr die beiden Sauerstoffatome mehrfache Bindung besitzen müßten.[2]) Gegen die Traube'sche Formulirung sei aber mancherlei einzuwenden, namentlich, daß Dreiwerthigkeit des Sauerstoffs der Stellung dieses Elements im natürlichen Systeme widersprechen würde. Brühl schlägt daher die Formel $H-O\equiv O-H$ mit vierwerthigem Sauerstoff vor, der zu dem Verhalten der nächsten Sauerstoffverwandten Schwefel, Selen und Tellur passen und durch die Formel Ag_4O des Silberoxyduls eine Bestätigung finden würde.

Physikalische Eigenschaften. Während nach Hanriot (Jahrb. 23. 1887. S. 256) die Lösung des Wasserstoffsuperoxyds die Elektricität besser leitet, als reines Wasser und hierbei Elektrolyse stattfindet, ist eine einprocentige Lösung von

1) Chem. Centralbl. 1890 [1] S. 574.
2) Berl. Ber. 28. 1895 S. 2847.

H_2O_2 in Wasser nach Tammann kein besserer Le[iter] ...
wöhnliches destillirtes Wasser. Traube hat den Nach[weis] ...
Flüchtigkeit des Wasserstoffsuperoxyds constatirt, ...
schon bei gewöhnlicher Temperatur merklich ist und durch G[...]
man von Schwefelsäure sehr verflüchtigt wird. — Die Dichte ...
nach dem Wolffenstein'schen Verfahren (oben Seite 25[...]
gestellten Wasserstoffsuperoxyds fand W. Spring zu ...
bei 15°.[1]) Die Oberflächenspannung betrug we[...]
die Hälfte derjenigen vom Wasser. Die Farbe des W[...]
superoxyds ist blau mit einem (wahrscheinlich von Be[...]
herrührenden) Stich ins Grüne; und zwar hatten die [...]
dung: 11 mm Schichtenhöhe einer Lösung aus 0·9748 [...]
100 ccm Wasser, 5 m Schichtenhöhe Wasser und 1.61[...]
höhe des reinen Wasserstoffsuperoxyds. — Nach Br[...]
größte Dichte des Wasserstoffsuperoxyds, die er beob[...]
1·4584 bei 0°, bezogen auf Wasser von +4°. [...]
[illegible] dieser Flüssigkeit lag unter 26 mm Druck [...]
Petroläther ist Wasserstoffsuperoxyd unlöslich [...]
lich; doch vermag letzterer das Superoxyd einer [...]
nicht vollständig zu entziehen. — Nach Wolffens[tein] ...
reines Wasserstoffsuperoxyd eine wasserhelle, sy[...]
die sich nur schwer mit Wasser bewegt, an der [...]
auf der Haut ein empfindliches Jucken erzeugt [...]
auch weiße Flecken, die jedoch nach einigen S[...]
schwunden sind. Die Hydrate $H_2O_2 + H_2O$ [...]
geschieden auch bei —20° noch nicht.

Chemische Eigenschaften. Das [...]
des Wasserstoffsuperoxyds mangel[...]
nach Tammann in seinen Lösung länger [...]
an den zersetzenden Wirkung [...]
alkalischen. An der Schuld tragen. Nach Kin[...]
[illegible] die Lösung unbeständiger als [...]
Schwefelsäure, Chlorverbindungen, Phenol, [...]
[illegible], Glycerin, Kampher oder Kampher[...]
Salicylsäure, weist darauf hin, daß im [...]
[illegible] nicht besonders zersetzend auf [...]
[illegible] hievon wahrnehmbar zumeist Spuren [...]

1) Zeitschr. f. anorgan. Chemie [...]

keit schuld sind, wie z. B. Alkalien, Schwermetallverbindungen, feste Körper jeder Art u. s. w. W. Spring machte die unliebsame Beobachtung einer explosionsartigen Zersetzung von Wasserstoffsuperoxyd, die scheinbar ohne äußerliche Veranlassung eintrat, als nach Herstellung von 212 g wasserfreiem Superoxyd der Destillationsapparat auseinander genommen worden war, und die an Heftigkeit hinter der Explosion von Chlorstickstoff oder Nitroglycerin nicht zurückblieb.[1]) Die wässrigen Lösungen der Verbindung erwiesen sich dagegen als ungefährlich. Diese zersetzten sich unter 80° nicht, falls katalytische Einflüsse ausgeschlossen bleiben. Letztere scheinen allerdings die Zersetzlichkeit des Wasserstoffsuperoxyds sehr zu begünstigen, und zwar in der Wärme noch mehr als in der Kälte. Es ist ferner auf den osmotischen Druck Rücksicht zu nehmen. Derselbe vermag in einer Salzlösung, die concentrirt wurde, durch Wasserentziehung solche Körper zu zersetzen, die Wasser abgeben können. Aehnliches dürfte auch dem Wasserstoffsuperoxyd gegenüber gelten. Die abnormal niedrige Oberflächenspannung für Wasserstoffsuperoxyd wurde bereits erwähnt; sie hat das geringe Benetzungsvermögen des Superoxyds zur Folge. Nun haben aber Flüssigkeiten das Bestreben, feste Körper zu benetzen und also auch das Wasserstoffsuperoxyd, wobei es aber wahrscheinlich zersetzt wird. Selbst die Form der Gefäßwandungen kommt hierbei zur Mitwirkung, da jede Krümmung derselben eine Spannungsänderung in der Oberfläche der Flüssigkeit bewirkt und damit die Sauerstoffentwicklung begünstigt. Auch Salzlösungen können zersetzend wirken, und zwar um so entschiedener, je schwächer die Basen der Salze sind und je stärker die Säuren chemisch auf H_2O_2 zu wirken vermögen. Salze, die in Wasserstoffsuperoxyd nicht hydrolysirt werden, haben keinen chemischen, wohl aber einen schwachen physikalisch zersetzenden Einfluß auf das Superoxyd. — Nach Brühl zeigt reines trockenes Wasserstoffsuperoxyd keine Neigung zum Explodiren, wohl aber das mit Aether extrahirte. Wird die ätherische Lösung von H_2O_2 verdunstet und das Superoxyd im Vacuum destillirt, so erhält man eine ozonartig riechende Flüssigkeit, die auch bei 100° und bei lebhaftem Durchleiten von Luft nicht zur Verdampfung zu bringen ist. Als ein am Ende scharf

1) Ztschrft. f. anorgan. Chemie. 8 1895. S. 424; 10. 1895. S. 161.

abgeschnittener Glasstab in 2 ccm dieser Flüssigkeit getaucht wurde, erfolgte eine ungeheuer heftige Explosion, wobei eine dicke Holzplatte kreisrund durchschlagen wurde und einzelne Trümmer dem Experimentator durch die Kleider in den Leib drangen. Brühl nimmt an, daß nicht Wasserstoffsuperoxyd an und für sich die Ursache zu dieser Explosion gebildet hat, sondern vielmehr ein bei Wechselwirkung zwischen diesem und Aether gebildeter Körper H_2O_x, worin $x > 2$. — Hier sei noch die interessante Beobachtung von C. H. La Wall angeführt, wonach Verbandstoffe, die mit schwefelsäurehaltiger Wasserstoffsuperoxydlösung getränkt worden waren, plötzlich eine Verkohlung erlitten.[1]) Neutrale Lösungen übten indessen diese Wirkung nicht aus.

Ueber die Elektrolyse von Wasserstoffsuperoxydlösung haben Berthelot[2]) und L. Hanriot[3]) Mittheilungen gemacht. Nach Ersterem werden sehr verdünnte, mit Schwefelsäure angesäuerte Wasserstoffsuperoxydlösungen durch sehr schwache Ströme nur unter Sauerstoffentwicklung zersetzt, während der Wasserstoff am negativen Pole absorbirt wird; starke Ströme dagegen lassen auch den Wasserstoff frei auftreten. Bei der Zersetzung wird nämlich Wärme verbraucht, und die elektromotorische Kraft muß behufs völliger Zersetzung des H_2O_2 mehr Wärme erzeugen, als verbraucht wurde. Die Reaction der Zersetzung kann nach folgenden Gleichungen verlaufen: (1) $H_2O_2 = H_2O + O$; (2) $H_2O_2 = H_2 + O_2$; (3) $H_2 + H_2O_2 = 2H_2O$. Nach Hanriot scheidet sich am positiven Pole viel Sauerstoff ab, während am negativen nur wenig Gas entwickelt wird, und zwar ein Gemisch aus Sauerstoff und Wasserstoff, letzterer dem Wasser entstammend; normal ist die Zersetzung $H_2O_2 = H_2O + O$.

Vollkommen reines Wasserstoffsuperoxyd reagirt sauer; eine stark verdünnte Lösung (1·5 procentig) soll dagegen nach Wolffenstein völlig neutrale Reaction besitzen. — Als besonders scharfes Reagens auf Wasserstoffsuperoxyd empfiehlt M. Traube die von Schönbein vorgeschlagene Jodzinkstärke bei Gegenwart von Eisenvitriol; allerdings muß die zu prüfende Lösung neutral sein.[4]) Dagegen büßt die Reaction

1) Chem. Centralbl. 1898² S. 259.
2) Bull. Soc. Chim. (3) 39. 1883. p. 146.
3) Compt. Rend. 100. 1885. p. 57, 172.
4) Berl. Ber. 17. 1884. S. 1062.

auch in sehr stark saurer Lösung nichts an Empfindlichkeit ein, wenn Kupfervitriol zugegen ist. Man versetzt 6 bis 8 ccm der zu prüfenden Flüssigkeit mit etwas Schwefelsäure und Jodzinkstärke, dann mit 1 bis höchstens 4 Tropfen einer zweiprocentigen Kupfervitriollösung und endlich etwas halbprocentiger Eisenvitriollösung, worauf auch bei Spuren von H_2O_2 sofort Blaufärbung eintritt. Dagegen ist nach T. Bokorny [1]) das von Wurster empfohlene Reagenspapier mit Tetra—p—phenylendiamin nicht sicher, da es schon durch den im Wasser gelösten Sauerstoff langsam gebläut wird. C. Wurster hat weiter die Beobachtung gemacht, daß zwar reines α—Naphtylamin von Wasserstoffsuperoxyd nicht gebläut wird, daß aber auf Zugabe von festem Kochsalz zur Lösung nach wenigen Minuten eine Farbstoffbildung beginnt und nach einigen Stunden blaue und blauviolette Flocken (wohl von Naphtameïn) ausgeschieden werden.[2]) Die Gegenwart von Salzen erhöht offenbar die oxydirende Kraft des Wasserstoffsuperoxyds. A. Gawalowsky empfiehlt Lösungen von übermangansaurem Kalium zur Unterscheidung von Wasserstoffsuperoxyd und Ozon; ersteres entwickelt nämlich mit $KMnO_4$ meßbare Sauerstoffmengen nach der Gleichung $5H_2O_2 + Mn_2O_7 = 5H_2O + 5O_2 + 2MnO$, was Ozon nicht thut.[3]) Die Chamäleonlösung muß mit Schwefelsäure angesäuert sein. Der Eintritt der Reaction läßt nach R. Engel mitunter lange auf sich warten, nämlich wenn die Wasserstoffsuperoxydlösung ganz rein und die Schwefelsäure frei von schwefliger Säure und nitrosen Gasen war.[4]) Die Reaction ist dann sofort durch Zugabe einer Spur von Manganvitriol hervorzurufen; dieses Salz wird durch H_2O_2 in das unbeständige Manganisulfat verwandelt, welches H_2O_2 zersetzt, indem es sich wieder zu Manganisulfat zurückbildet. — Die bekannte Chromsäurereaction des Wasserstoffsuperoxyds be-(uht nach Moissan auf Bildung der Verbindung CrO_3, H_2O_2 rvergl. Jahrb. 23. 1887. S. 258.) Berthelot ist dagegen der Ansicht, daß eine Ueberchromsäureverbindung $2HCrO_4$, H_2O_2 die Ursache der Blaufärbung des Aethers sei.[5]) Wird 1 Vol.

1) Berl. Ber. 21. 1888. S. 1100, 1848.
2) Ebendas. 22. 1889. S. 1910.
3) Chem. Centralbl. 1889 [1] S. 366.
4) Bull. Soc. Chim. (3) 6. 1891. p. 17.
5) Compt. Rend. 108. 1889. p. 24, 157, 477.

einer Lösung von Kaliumbichromat, die in 4 Lit. ein Molekulargewicht in Grammen enthält, mit 1 Vol. einer Lösung, die im Liter 17 g H_2O_2 besitzt, vermischt, so entsteht eine tief braune Flüssigkeit, aus der sich Sauerstoff entwickelt. Nach einiger Zeit wird die Flüssigkeit wieder klar und zeigt die Anfangsfärbung. Fügt man dagegen der Mischung unmittelbar nach ihrer Herstellung einen Ammoniaküberschuß hinzu, so entsteht ein chamoisgelber Niederschlag, der wahrscheinlich die Zusammensetzung $nCrO_3$, $Cr_2O_3 + 3H_2O_2$ besitzt. Er entwickelt beim Auswaschen Sauerstoff, wobei Chromat zurückgebildet wird. So dürfte sich die Thatsache erklären, daß eine gewisse Menge Kaliumbichromat eine unbegrenzte Menge von Wasserstoffsuperoxyd zu zersetzen vermag und am Ende der Reaction noch in unverändertem Betrage vorhanden ist. — G. Denigès schlägt als Reagens auf H_2O_2 eine zehnprocentige Lösung von molybdänsaurem Ammon vor, die mit dem gleichen Volumen concentrirter Schwefelsäure vermischt wurde.[1]) Einige Tropfen einer Wasserstoffsuperoxydlösung erzeugen darin eine sehr ausgesprochene Gelbfärbung, wahrscheinlich hervorgerufen durch Uebermolybdänsäure. Erhitzen stört die Reaction nicht; die Empfindlichkeit wird mit 0·1 mg H_2O_2 angegeben. L. Crismer weist darauf hin, daß diese Reaction schon von ihm und von Schöne gefunden, von Bärwald auf ihren Verlauf studirt worden sei, daß sie aber am besten mit einer durch Citronensäure angesäuerten Ammoniummolybdatlösung ausgeführt werden könne.[2]) Nach E. S. Barralet färbt 1 ccm einer Lösung H_2O_2 in 165000 Vol. Wasser lichtblaues Ferroferrocyanid (erhalten aus gelbem Blutlaugensalz und Eisenvitriol) sofort wegen Bildung von Berliner Blau dunkelblau, während andre Oxydationsmittel bei dieser Verdünnung vollständig versagen.[3]) — A. Bach hat die meisten Reagentien auf H_2O_2 dahin geprüft, ob sie zur Untersuchung pflanzlicher Säfte auf Gehalt an H_2O_2 brauchbar sind.[4]) Das Resultat ist negativ. Tetramethyl—p—phenylendiamin wird schon durch gelösten Sauerstoff und durch salpetrige Säure gebläut; ebenso wirkt gelöste Luft auf diastasehaltige Guajactinctur, die außerdem schwer zu bereiten ist. Jod-

1) Compt. Rend. 110. 1890. p. 1007.
2) Bull. Soc. Chim. (3) 6. 1891 p. 24.
3) Chem. News. 79. 1899. p. 136.
4) Compt. Rend. 119. 1894. p. 286.

kaliumstärke und Eisenvitriol sind bei Gegenwart ungesättigter organischer Verbindungen, die Jod addiren, unbrauchbar. Uranacetat giebt nicht bloß mit H_2O_2 eine in Essigsäure unlösliche Trübung, sondern auch mit Eiweiß und Tannin. Chromsäureäther ist an sich wenig empfindlich, noch weniger aber bei Gegenwart von Tannin. In Schwefelsäure gelöstes Titandioxyd ist an sich das empfindlichste Reagens auf H_2O_2 (Nach E. Schöne jedoch zum Nachweis von H_2O_2 in Luft nicht empfindlich genug [1]), giebt aber mit Tannin genau dieselbe Reaction, wie mit H_2O_2. Man sieht also, daß es unter Umständen außerordentlich schwer ist, das Wasserstoffsuperoxyd mit Sicherheit nachzuweisen.

Das Verhalten des Wasserstoffsuperoxyds gegen Silberoxyd sollte nach Kingzett (siehe Seite 257) durch die Gleichung $3\ H_2O_2 + Ag_2O = 3\ H_2O + AgO_3 + Ag + O$ ausgedrückt werden. E. Riegler kommt auf Grund seiner Untersuchungen dagegen zu dem Schlusse, daß die Reaction nach der Gleichung $3\ H_2O_2 + 2\ Ag_2O = 3\ H_2O + Ag_4O + 2\ O_2$ verlaufe und dann Ag_4O weiter in $Ag_2O + Ag_2$ zerfalle.[2] Berthelot dagegen nimmt den Umsatz $3\ H_2O_2 + 3\ Ag_2O = 3\ H_2O + Ag_4O_3 + Ag_2 + 3O$ als richtig an.[3] Eine gegebene Menge Silberoxyd zersetzt eine fast unbegrenzte Menge Wasserstoffsuperoxyd; genaue stöchiometrische Beziehungen zwischen dem Gewichte des H_2O_2 und Ag_2O bestehen nicht. Das Silberoxyd ist im Stande, eine unbeständige Zwischenverbindung zu bilden, von der die kleinste Menge Veranlassung zur Zersetzung der endothermischen Verbindung Wasserstoffsuperoxyd werden kann. Uebrigens bestehen gewisse Unterschiede in der Wirkung des auf verschiedene Weise hergestellten Silberoxyds.

G. Tanatar hat die Einwirkung von Wasserstoffsuperoxyd auf Halogenoxysäuren studirt und folgende Thatsachen festgestellt.[4]) Unterchlorige Säure und ihre Salze (ebenso die entsprechenden Verbindungen von Brom und Jod) entwickeln mit H_2O_2 stürmisch Sauerstoff, und die beiden auf einander wirkenden Körper werden hierbei reducirt. Offenbar wird eines der Reagentien zur höchsten, sehr unbeständigen Oxydations-

1) Berl. Ber. 26. 1893. S. 3011.
2) Chem. Centralbl. 1895 [2] S. 545.
3) Ann. Chim. Phys. (7) 11. 1897. p. 217, 223.
4) Berl. Ber. 32. 1899. S. 1013.

stufe oxydirt und diese zersetzt sich. An Bildung von Ueberchlorsäure ist nicht zu denken, da diese (wie auch experimentell nachgewiesen wurde) sehr beständig ist und auch H_2O_2 ebenso wenig einwirkt, wie ihre Salze. Es muß also ein höheres Oxyd des Wasserstoffs angenommen werden, das den Zerfall erleidet, wie z. B. auch Brühl eine solche Verbindung vermuthet hat. — Ueberjodsäure und ihre Verbindungen werden durch H_2O_2 sowohl in alkalischer wie in saurer Lösung in Jodsäure oder Jodate umgewandelt, die ihrerseits nicht weiter verändert werden, aber in unaufgeklärter Weise zersetzend auf das Wasserstoffsuperoxyd einwirken. Bromsäure endlich wird durch H_2O_2 zu HBr und etwas Brom reducirt.

Anwendung des Wasserstoffsuperoxyds. In erster Linie ist der Verwendung des H_2O_2 zum Bleichen zu gedenken. Nach T. Koller[1]) soll die Bleiche an einem dunklen Orte ausgeführt werden. Die zu bleichenden Gegenstände bleiben im allgemeinen ein bis zwei Tage in der Lösung, werden dann mit Wasser (ev. auch mit Alkohol) abgewaschen und in warmer, bewegter Luft getrocknet. Zur Seidenbleicherei werden für 1 kg Seide 50 l Lösung mit $^1/_8$ Vol. $^0/_0$ wirksamem Sauerstoff gebraucht. Die Lösung soll schwach ammoniakalisch sein und 24 Stunden in der Kälte, dann 24 Stunden bei 50° einwirken. Tussah, Schappe und Flachs werden nach Girard mit schwacher Salzsäure ausgewaschen, mit schwacher Lauge entfettet, mit Ammoniumhypochlorit vorgebleicht, abermals mit schwacher Salzsäure gewaschen und endlich mit ammoniakalischer Wasserstoffsuperoxydlösung fertig gebleicht. Koechlin will Tussahseide mit Wasserstoffsuperoxydlösung und Magnesia bleichen, da hierbei die Farbe besonders schön weiß ausfallen soll. Auch für Baumwollbleiche empfiehlt sich nach Prud'homme die Mischung von Wasserstoffsuperoxyd und Magnesia.[2]) Es soll hierbei Magnesiumsuperoxyd entstehen, welches bei 100° beständiger ist, als H_2O_2. Wird dreiprocentige Wasserstoffsuperoxydlösung bei gewöhnlicher Temperatur mit Magnesia längere Zeit in Berührung gelassen, so geht letztere in die Verbindung $3\,Mg(OH)_2 + MgO(OH)_2$ (bei 100—105° getrocknet) über, die alkalisch reagirt und bei

1) Chem. Centralbl. 1890 [1] S. 240.
2) Compt. Rend. 112. 1891. p. 1374.

300° in Magnesia, Wasser und Sauerstoff zerfällt. Zinkoxyd und Kadmiumoxyd verhalten sich gegen H_2O_2 ähnlich. — Die Cellulose wird bei der Wasserstoffsuperoxydbleiche theilweise in Oxycellulose umgewandelt, was zur Folge hat, daß sich basische Farbstoffe nunmehr ohne Beize auf der Faser fixiren lassen. Auch bei der Bildung von Oxycellulose wirken gleichzeitig vorhandene Metalloxyde begünstigend. — Fette werden durch Wasserstoffsuperoxyd angegriffen, indem Fettsäuren frei werden. Hierbei geht Oelsäure theilweise in Palmitinsäure (?) über. — Auch zur Wollbleiche wird Wasserstoffsuperoxyd empfohlen.[1]) Die Lösung soll aus 1 Vol. 3procentigem Wasserstoffsuperoxyd und 4 Vol. Wasser gemischt und schwach ammoniakalisch gemacht werden. Die Arbeit soll in hölzernen oder irdenen, nicht in metallenen Gefäßen geschehen. Die gewaschene Wolle wird eingelegt, gehörig umgerührt, dann leicht ausgewunden und an einer warmen Stelle aufgehängt. Noch ehe sie ganz trocken ist, kommt sie wieder in's Bad, welche Operationen so lange zu wiederholen sind, bis die Bleichung ausreichend erzielt ist. — Selbst zum Bleichen von Holz ist das Wasserstoffsuperoxyd angewendet worden.[2]) Die Hölzer dürfen allerdings nicht über 5 mm Stärke haben. Die Bleichflüssigkeit muß während der ganzen Einwirkungsdauer ammoniakalisch gehalten werden. Der Prozeß dauert etwa 10 Tage, und das Holz wird fast ganz weiß, läßt jedoch die Maserung noch sehen. Irgend welche Schädigung scheint es nicht zu erleiden.

Als Desinfectionsmittel und zur chirurgischen Verwendung ist Wasserstoffsuperoxyd in vieler Beziehung sehr geeignet. Nach H. Tromp soll es zur Genießbarmachung von Trinkwasser verwendet werden, welches inficirt ist. Althöfer hat in dieser Beziehung Studien angestellt und gefunden, daß eine 24stündige Einwirkung von 1 ccm einer zehnprocentigen Wasserstoffsuperoxydlösung auf jedes Liter Wasser letzteres völlig sterilisirt, ohne daß Geschmacksänderung bemerkbar würde; die entstehenden Kosten würden 12 bis 16 ₰. für 10 l Wasser betragen.[3]) Nach Kingzett heben schon sehr geringe Wasserstoffsuperoxydmengen die Wirkung der organisirten Fermente auf; Baldy setzt

1) Scient. Am. 64. 1891. p. 373.
2) Dtsch. Industriezig. 29. 1888. S. 445.
3) Chem. Centralbl. 1890² S. 517.

das Wasserstoffsuperoxyd seinem Desinfectionswerthe nach dem Phenole gleich.[1]) Dagegen haben P. Bert und Regnard constatirt, daß ungeformte Fermente in ihrer Thätigkeit durch H_2O_2 nicht gestört werden. R. Traugott hält Wasserstoffsuperoxyd für einen guten Ersatz von Sublimatlösung oder Carbolwasser da, wo es mit der zu desinficirenden Wunde od. dgl. längere Zeit in Berührung bleiben kann; auch empfiehlt er die einprocentige Lösung als Gurgelwasser bei diphtheritischen Erkrankungen.[2]) Wo schnelle Desinfection die Hauptsache ist, würde aber Wasserstoffsuperoxydlösung nicht brauchbar sein. — Von R. Robert wird Wasserstoffsuperoxyd als Gegengift bei Blausäurevergiftung empfohlen; wahrscheinlich wird dabei die Blausäure in Oxamid übergeführt, welches in geringen Mengen kaum gesundheitsschädlich wirkt.[3])

J. Rußell hat gefunden, daß alle Stoffe auf die photographische Platte einwirken, die eine Bildung von Wasserstoffsuperoxyd veranlassen, und ferner, daß alle Reactionen, welche durch anderweite Stoffe auf photographischen Platten veranlaßt werden, auch durch Wasserstoffsuperoxyd erzielt werden können.[4]) Legt man unter völligem Ausschlusse des Lichts eine photographische Platte über Wasserstoffsuperoxydlösung, so daß der Dampf derselben die Platte treffen kann, so wird letztere schnell geschwärzt. In wie weit diese Beobachtungen für die photographische Technik Bedeutung gewinnen, muß abgewartet werden.

Schließlich sei noch bemerkt, daß Sünder auf Grund von durch G. Freyß bestätigten Versuchen zur Conservirung von Wasserstoffsuperoxydlösungen einen Zusatz von 2 % Alkohol empfiehlt.[5]) Wird die Lösung dann im Dunklen aufbewahrt, so hält sie sich mehrere Wochen unverändert, auch wenn sie neutral ist. Etwas schwächer conservirend wirkt auch ein Zusatz von Aether.

Wassergas.

Ueber das Wassergas, dessen Verwendung sich immer mehr ausbreitet, ist zuletzt im Jahre 1886 berichtet worden. (Jahrb.

---

1) Chem. Ind. 14. 1891. S. 42.
2) Chem. Centralbl. 1893 ² S. 826.
3) Chem. Ztg. 22. 1898. S. 638.
4) Chem. News. 79. 1899. p. 121, 133.
5) Bull. Mulh. 67.. 1897. p. 95, 97.

22. S. 279 bis 291). Es sind seitdem eine ganze Reihe größere und kleinere Arbeiten über dasselbe veröffentlicht worden, und wir wollen versuchen, das Wichtigste aus diesen umfänglichen Mittheilungen hier in Kürze zu berichten.

Geschichtliches. Bereits Lavoisier und Meusnier haben Wasserdampf über glühende Kohlen streichen lassen und hierbei eine brennbare Luft erhalten, und Fontana hat 1780, also 4 Jahre vor Entdeckung des Wasserstoffs auf die der Wassergaserzeugung zu Grunde liegende Reaction hingewiesen. Ibbetson stellte dann 1824 in England Wassergas in etwas größerem Maaßstabe her und nahm ein Patent auf hierbei entstehendes leuchtendes Gas; er hatte nämlich die Zersetzungsretorte mit Kohle und Wasserdampf beschickt und Theer oder Oel zugeleitet (vergl. Dammer, Handbuch d. chem. Technologie. 4. Bd. S. 293). Jobard in Brüssel hat 1834 Wassergas erzeugt und dann mit flüchtigen Kohlenwasserstoffen carburirt, und auf Selligue's Betreiben wurde dieses carburirte Wassergas thatsächlich an einigen Orten zur Beleuchtung verwendet. Gillard wendete dann 1846 auf nicht carburirtes Wassergas das Princip des Gasglühlichts an, indem er Platinkörper mit der Wassergasflamme zur Weißgluth erhitzte, und die Stadt Narbonne hat 1856 bis 1865 in solcher Weise ihre Straßen beleuchtet. Sie bediente sich dabei der Apparate von Fayes. Von älteren Patenten für Wassergasapparate sind die von Lowe (1831) und Tessié du Motay zu nennen, die fortgesetzte Verbesserungen erfahren und besonders für Amerika wichtig geworden sind, und zwar das Verfahren von Tessié du Motay nach der Ausbildung von 1871 und das von Lowe nach dem Patente von 1873. In Europa und insbesondere in Deutschland hat erst etwa seit 1880 die Erzeugung von Wassergas wieder praktische Bedeutung gewonnen.

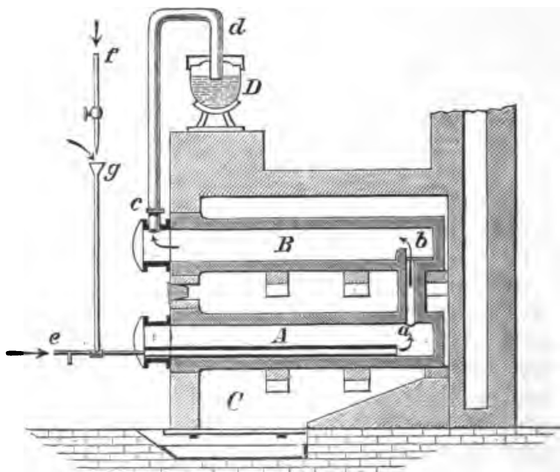
Gewinnung. Man muß nach F. H. Shelton[1]) zwei verschiedene Systeme der Wassergasbereitung unterscheiden, nämlich Systeme mit Retorten, bei denen die Kohlen in Retorten durch Außenfeuerung erhitzt werden, und Systeme mit Generatoren, bei denen ein Theil der Kohlen verbrannt wird, um für die weitere Arbeit der Wassergasbereitung die nöthige Hitze zu liefern. Das erste System erlaubt zwar continuirliche Arbeit,

1) Journ. f. Gasbel. 33. 1890. S. 435, 456.

was bei dem zweiten nicht ohne Weiteres angeht, ist aber fast gar nicht mehr im Gebrauch.

Unter den Retortensystemen sind nach Shelton die Apparate von J. M. Sanders, von W. A. Gwynne, G. W. Harris und A. L. Allen, von Salisbury und Slade und von Jerzmanowski in Amerika in Anwendung gekommen.

Fig. 1.



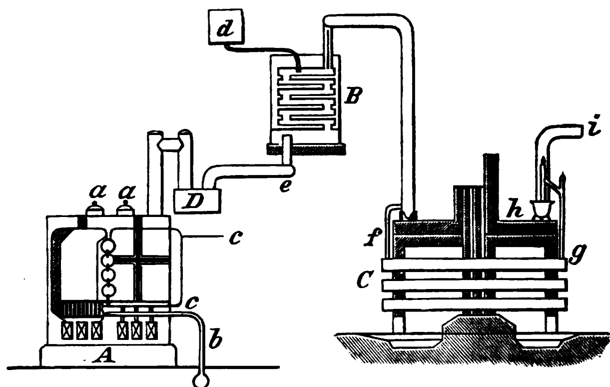
Letzterer Apparat führt nach A. M. Paddon und T. Goulden[1]) auch den Namen „Stiefelschaftapparat"; ein eigentlicher Retortenapparat ist jedoch nur der von Salisbury herrührende, dessen Einrichtung Figur 1 zeigt. Die untere Retorte A liegt direct über der Feuerung C und steht durch a b mit der oberen Retorte B in Verbindung. Von hier geht das Steigrohr c d nach der Hydraulik D. Die Retorte B ist mit Kohlen beschickt. Von e aus wird überhitzter Wasserdampf durch ein thönernes Rohr bis in die Nähe des hinteren Endes von A geblasen, während gleichzeitig von f aus durch das Trichterrohr g Carburationsöl zuläuft und vom Dampfstrahl in feinerem Strahle mit nach A geführt

1) Journ. f. Gasbel. 36. 1893. S. 533.

wird. Seitwärts in den Trichter g gelangt hierbei auch Luft, die einen Theil der Kohlen in B verbrennt und so auch theilweise die Generatorwirkung zu der des Retortenapparates hinzufügt. Allerdings wird dann das Wassergas stickstoffhaltig. Das Gas soll trotzdem hohe Leuchtkraft besitzen, und Anlage- wie Betriebskosten werden als niedrig bezeichnet. Bei eigentlichen Retortenapparaten, die nur Außenheizung besitzen, liegt ein Vortheil in der Möglichkeit des ununterbrochenen Betriebs.

Die Apparate von Jerzmanowski, Tessié du Motay, Meeze und Wilkinson gehören nach Paddon und Goulden

Fig. 2.



zu den combinirten Apparaten, bei denen der Generator zur Wassergaserzeugung, die Retorte nur zur Carburirung dient. Shelton rechnet noch weiter hierher die Apparate von Hanlon und Johnson, Edgerton, Harkneß, Mackenzie und Egner und bezeichnet die Einrichtung von Tessié du Motay als den Typus für diese Klasse von Apparaten. Der Jerzmanowski'sche Apparat ist bereits kurz beschrieben worden. (Jahrb. 22. 1886. S. 390); für carburirtes Gas soll auch hier mit dem Dampf gleichzeitig die Naphta eingeblasen werden. Der Apparat von Tessié du Motay ist nach Shelton in Fig. 2 wiedergegeben, in welcher Form er allerdings vom Erfinder noch nicht angewendet wurde, wohl aber in den Municipal-Gaswerken in

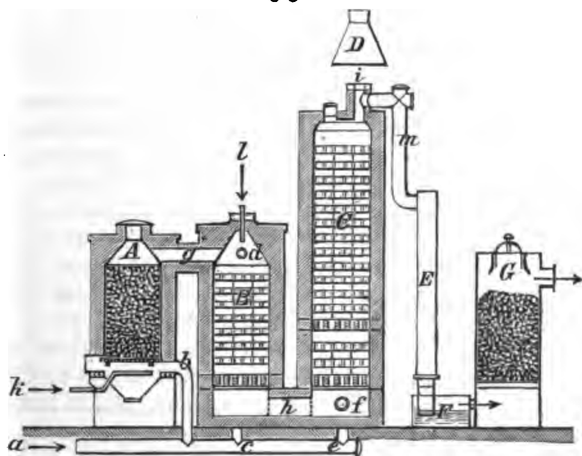
New York in Betrieb ist. Man vergleiche hierzu W. Hempel's Studien über Gasbereitung [1]), wo eine Skizze der ganzen Anlage zu finden ist, und G. Lunge's Bericht über die Wassergasfabrikation in New York.[2]) Der Generator A hat einen doppelten Schacht mit Kohlenfüllung a, Luftgebläse b und Dampfeinlaß C. Zunächst wird mittelst eines Ventilators durch b Luft eingeblasen und der in A befindliche Anthracit zur Weißgluth erhitzt. Die sich hierbei entwickelnden Gase entweichen durch ein besonderes Ventil in die Luft und werden verbrannt. Man stellt den Wind ab und läßt nun den hochgespannten, aber nicht überhitzten Wasserdampf unter dem Rost eintreten. Das erzeugte Wassergas geht in ein Gasometer und von hier durch Reinigungsapparate; man hat sich diese Theile der Einrichtung bei D zu denken. Schließlich wird es in B carburirt. Von d aus fließt nämlich über die Etagen in B Naphta, während von e her Wassergas eintritt. Die Doppelwandungen der Etagen sind mit Dampf oder heißem Wasser erwärmt, so daß die Naphta verdampft und ihre Dämpfe dem Wassergase zumischt. Nun erst entweicht das Gasgemisch in den Retortenofen C, wo die Kohlenwasserstoffe „fixirt", d. h. durch trockne Destillation zu permanenten Gasen umgewandelt werden. Die Retorten bestehen aus Chamotte und sind völlig leer. Das Gas tritt bei f ein und entweicht bei g, nachdem es die ganze Retortenlänge durchlaufen hat, nach der Hydraulik h und aus dieser nach dem Abzugsrohre i. Die Heizung der Retorten geschieht, mit Hülfe eines durch einen Dampfinjector eingeblasenen Theerstrahles, bis zur Weißgluth. Doch hat das die Retorten verlassende Gas nur eine Temperatur von 65^0 An i schließen sich Condensatoren, Scrubber und Kalkreiniger an. Bei der Reinigung wird etwas Theer gewonnen, der zur Heizung des Retortenofens dient. Als Mangel des Verfahrens führt Lunge das nutzlose Verbrennen der Generatorgase und die für die Heizwirkung ungünstige Einrichtung der Retorten an. Zu 100 cbm des carburirten Gases von 28 Kerzen Leuchtkraft sind 707 kg Anthracit und 417 kg Erdölnaphta (D = 0·706) nöthig.

Den eigentlichen Generatorapparaten, die von allen Wassergasapparaten die meiste Bedeutung beanspruchen, rechnet

1) Journ. f. Gasbel. 30 1887. S. 529.
2) Ztschrft. f. angew. Chemie. 1894. S. 138.

Shelton zu diejenigen von T. S. C. Lowe, A. O. Granger u. Co, Hanlon und Leadley, T. G. Springer, Mc Cay und Critchlow, J. Flannery, Martin, Pratt und Ryan, van Steenburg und von Loomis. Viele von diesen Processen behandelt auch W. Hempel in seinem Berichte über Leuchtgasdarstellung in Amerika.[1]) Nach Paddon und Goulden ist nur der van Steenburg'sche Proceß nicht auf den von Lowe herrührenden begründet, und so dürfte als der wichtigste

Fig. 3.



unter diesen Generatorapparaten der von Lowe herauszugreifen und zu beschreiben sein. In Kürze ist dies bereits geschehen (Jahrb. 22. 1886. S. 285); diesmal geben wir in Figur 3 eine Skizze und nähere Beschreibung des Apparats, teils nach Shelton, teils nach Lunge. Der Generator A ist mit Anthracit beschickt und wird zuerst „heißgeblasen", d. h. nachdem in ihm Feuer gemacht ist, dieses durch Einblasen von Luft durch a b in lebhaftem Gange erhalten. Sobald in A trockne Destillationsproducte (Schweelgase) zu entstehen beginnen, läßt man Luft auch durch a c d und a e f in die beiden Ueberhitzer B und C eintreten. Die Gase,

1) Journ. f. Gasbel. 36. 1893. S. 465.

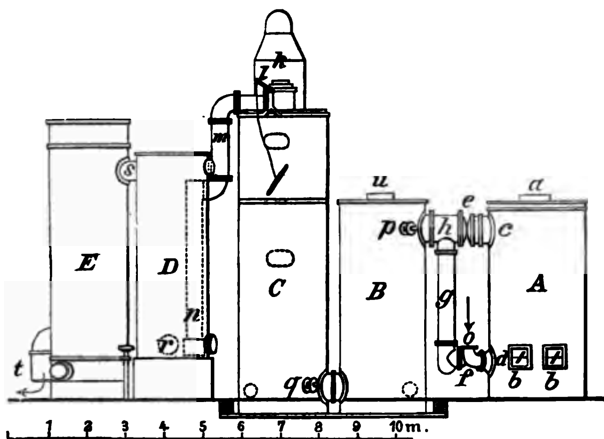
welche den Weg AgBhC nehmen, entzünden sich, und die in den Ueberhitzern angebrachten Ziegelgitterwerke werden so allmählich bis zur Weißgluth erhitzt. Die Verbrennungsgase entweichen bei i in den Abzug D. Ist diese Erhitzung erreicht, so stellt man die Luft ab und läßt durch k Wasserdampf eintreten, worauf man i verschließt und durch l Naphta in feiner Vertheilung einlaufen läßt. Diese verdampft und wird auf dem langen Wege durch B und C „fixirt.“ Das carburirte Wassergas entweicht durch m nach dem Kühler E und tritt in dem Waschkasten F unter Wasser aus. Es folgt ein Scrubber G, ein zweiter Kühler und ein Kalkreiniger. Der Generator A hat 4 m, der erste Ueberhitzer B 4·2 m und der zweite Ueberhitzer C 5·7 m Höhe. Das Heißblasen dauert 6 bis 15, das Kaltblasen (Eintritt von Wasserdampf) 8 bis 10 Minuten. Aller 6 oder 12 Stunden reinigt man den Generator durch Abziehen der Schlacken, während man stets beim Uebergang vom Kalt- zum Heißblasen frischen Anthracit in den Generator nachschüttet. Da jeder Ueberhitzer einen eignen Luftzulaß besitzt (d und f), so kann man die Temperaturen in denselben auf verschiedener Höhe halten. Dies ist besonders wichtig, wenn die Carburirung durch schweres Gasöl erfolgen soll, da hierbei B nicht so heiß sein soll, wie C. Bemerkt sei ferner, daß F statt mit Wasser auch mit dem Carburationsöle gefüllt werden kann, welches auf diese Weise angewärmt wird und dann schon fast siedend heiß nach B gelangt. — In vieler Beziehung erinnert auch der, wie es scheint, empfehlenswerthe Apparat von Humphreys an den eben angeführten.

Eine Anlage für carburirtes Wassergas, die durch die Firma Humphreys und Glasgow in London und New-York für Bremen ausgeführt wurde, beschreibt A. Hipper[1]) (vergl. Figur 4). Der Generator A wird durch die Füllthüre a mit Koks gefüllt. Der etwa 1 m über dem Boden angelegte Schüttelrost ist durch die Schlackenthüren b oben und unten zu erreichen; die Asche wird durch eine Bodenklappe entfernt. Sämmtliche Oeffnungen des Generators sind gasdicht und bleiben während des Betriebes geschlossen. Der Gasauslaß c ist oberhalb der glühenden Koksschicht, der Gasabgang d unterhalb des Rostes angeordnet; beide Rohre sind durch Schieber bei e und f ver-

1) Jour. f. Gasbel. 42. 1899. S. 557.

schließbar. Die Gase von d steigen durch g auf und mischen sich mit den Gasen von c im T-stücke h, welches nach dem Carburator B führt. Dieser und der Ueberhitzer C sind innen mit einem Gitterwerk von Chamottesteinen ausgefüllt, durch welches die Gase einen fortwährend in der Richtung veränderten Weg nehmen müssen. Die Gase gehen von B durch i nach C und steigen hier auf, um entweder durch k mit der Klappe l nach dem Schornstein oder durch das unter Wasser endende Rohr m n nach dem

Fig. 4.



hinter D stehenden Wäscher zu gelangen. Generator, Carburator und Ueberhitzer stehen durch ein gemeinsames Rohr mit einem Bläser oder Ventilator in Verbindung, der durch eine Dampfmaschine betrieben wird. Derselbe drückt die zur Verbrennung nöthige primäre Luft durch o unter den Rost des Generators, die secundäre Luft durch p oberhalb und durch q unterhalb des Gitterwerks von B, bez. C ein. Die Windleitungen sind durch Schieber unmittelbar an den Apparaten absperrbar, an welche sich Explosionsklappen anschließen. Der Wäscher ist zur Hälfte mit Wasser gefüllt, welches von dem Gase durchströmt wird. Das Gas gelangt dann durch r unten in den Scrubber D, der mit Holzhorden

gefüllt ist und von oben mit Wasser durchrieselt wird. Das Wasser sammt dem ausgewaschenen Theer läuft aus dem Scrubber nach dem Wäscher und von diesem in einen Topf. Aus dem Scrubber tritt das Gas durch s über in den Condensator E, der mit schmiedeeisernen Röhren ausgesetzt ist, durch die Wasser läuft. Das Gas umspült diese Röhren, kühlt sich ab und scheidet Condensationsproducte aus, die nach einem zweiten Topfe überlaufen. Der Inhalt beider Töpfe gelangt in den Theerabscheider. Das zur Benutzung fertige Gas entweicht durch t. Das vorgewärmte Carburationsöl wird von einer Pumpe bei u in den Carburator gedrückt und mit Hülfe eines Centrifugalvertheilers in B möglichst gleichmäßig vertheilt. Der Oelvorwärmer ist ein central in Rohr n eingebautes Rohr, in dem das Oel durch das aus C kommende heiße Gas erhitzt wird.

Gearbeitet wird mit dem Apparate in folgender Weise. In den Generator A werden durch a glühende Koks, dann kalte Koks eingeschüttet, worauf man a schließt, l öffnet und durch o Luft in den Generator bläst. Die Koks werden glühend, die Bildung von Generatorgas beginnt, und das Gas geht durch B und C. Nun bläst man durch p Luft in den Carburator B. Das Generatorgas verbrennt und macht die Steine des Carburators glühend. Hierauf wird auch durch q Luft eingeblasen und die Füllung des Ueberhitzers glühend gemacht. Durch Schauhähne kann die Hitze im Inneren von B und C verfolgt und das Feuer in A beobachtet werden. Die Rauchgase entweichen durch k nach dem Schornstein. Zeigt das Innere von Carburator und Ueberhitzer gleichmäßig kirschrothe Farbe, so beginnt die Wassergasfabrikation. Die Luftschieber o, p, q werden geschlossen; in den Generator läßt man unter den Rost Dampf eintreten, schließt die Klappe l und öffnet die Oelzuströmung durch u. Im Generator entsteht Wassergas, welches sich im Carburator mit den Verdampfungs- und Zersetzungsproducten des Oels mischt. Im Ueberhitzer werden die Oeldämpfe vollständig in gasförmige Kohlenwasserstoffe umgewandelt und carburirtes Wassergas durchstreicht Wäscher, Scrubber und Condensator, hier die condensirbaren Theerbestandtheile abgebend. Nach einiger Zeit des Gasmachens muß die Arbeit wegen des Sinkens der Temperatur in A, B u. C unterbrochen werden. Es erfolgt abermaliges Heißblasen. Zu diesem Zwecke sperrt man zuerst den Oelzufluß, dann den Wasserdampf ab, bläst

Luft durch o ein und treibt die Gase aus A, B u. C heraus, worauf l geöffnet und wie zu Anfang der Arbeit wieder verfahren wird. Das „Blasen" dauert 4, das „Gasen" 7 Minuten. Nach 3 bis 4 Gängen muß Koks in den Generator nachgefüllt werden, was nach dem Gasen bei geschlossenen Windleitungen und geöffneter Klappe l erfolgt. Das Nachfüllen dauert nicht ganz eine Minute. Von Zeit zu Zeit läßt man den Dampf statt unter den Rost von oben her in den Generator gelangen, was durch eine besondere Einrichtung an den Schiebern bei e und f möglich gemacht ist; ohne diesen Wechsel würde nämlich das Feuer unten im Generator völlig zum Verlöschen gebracht werden. Die Gasabgänge c und d haben ungleiche Weite, weil c die Hauptmassen der Gase, das Generator- wie das Wassergas abzuleiten hat, während d nur beim Abwärtsblasen des Wasserdampfs in Wirksamkeit tritt; auch ist von den Schiebern e und f immer nur der eine geöffnet. Das Anheizen von Carburator und Ueberhitzer kann übrigens auch durch Wassergas selbst geschehen. Die Schlacken müssen aller 8 bis 12 Stunden aus dem Generator entfernt werden, eine Arbeit, die 15 bis 25 Minuten Zeit beansprucht. Hierzu sind 4, für den gewöhnlichen Betrieb jedoch nur 2 Arbeiter nöthig. Der im Theerabscheider angesammelte und geschiedene Theer wird in die Dampfkesselfeuerung gespritzt und rauchlos verbrannt. Das Carburationsöl ist Paraffinöl aus den Riebeck'schen Montanwerken bei Halle (D = 0·92). Pro HK und 1000 cbm Gas werden davon 23 kg verbraucht; der Theer macht 30 % vom Oel aus. Von den Koks (die 6 % Asche enthalten) werden 500 kg für 1000 cbm Wassergas verbraucht. Bei einer Leuchtkraft des Gases von 23 bis 24 HK liefert die Anlage in 24 stündigem Betriebe rund 19000 cbm carburirtes Wassergas. Da die Dichte des Gases 0·68, also größer als die des Kohlengases ist, muß der Druck im Rohrnetze entsprechend erhöht werden. Doch ist zu beachten, daß in Bremen das Gas nur als Zumischung zum Kohlengase benutzt wird, und zwar zu 12 bis 20 %. Da das Bremer Kohlengas etwa 6 % Kohlenoxyd enthält, das carburirte Wassergas etwa 28 %, so wird das Mischgas 8·6 bis 10·4 % CO aufweisen.

Für den günstigsten Betrieb der Wassergasgeneratoren von Lowe und von ähnlichen Apparaten gilt nach R. Rusby, daß die höhere Koksschicht sich vortheilhafter erweist als die

niedrigere.[1]) Man erzielt bei höherer Schicht der glühenden Koks pro Minute mehr Gas und verbraucht weniger Dampf, muß allerdings einen höheren Kraftaufwand bei der Gebläsemaschine machen, welcher Nachtheil aber gegen die angeführten Vortheile unwesentlich sein soll. Es hat sich weiter herausgestellt, daß auch beim Wassergasproceß die Anwendung eines Exhaustors, jedoch mit Zwischenbehälter vortheilhaft ist.[2]) An den Generator schließt man durch Seitenleitung ein Gasometer und an dieses den Exhaustor an. Letzterer läuft mit stets gleicher Geschwindigkeit und saugt das Gas entweder aus dem Generator oder aus dem Gasometer ab. Der Ueberschuß der Gasproduction wird im Zwischenbehälter aufgestapelt und dann während des Heißblasens vom Exhaustor angesaugt und weiter befördert. So erhält man stets gleiche Geschwindigkeit der Gase und hebt störende Einflüsse eines Wechsels im Drucke auf.

Von weiteren Wassergasverfahren können wir nur wenige noch einer Betrachtung unterziehen. Was zunächst das bereits früher erwähnte Verfahren von Farbaky und Sólcz anlangt (vergl. Jahrb. 22. 1886 S. 288), so liegen darüber weitere Mittheilungen vor[3]), wonach es sich um eine Combination von zwei Generatoren mit zwei Ueberhitzern handelt. Ist in dem einen Generator die Kohle in Weißgluth und der zugehörige Ueberhitzer ebenfalls heiß genug, so läßt man durch letzteren zuerst Wasserdampf, dann Wasserdampf und Luft, die sich hierbei vorwärmen, nach dem inzwischen frisch aufgefüllten Generator streichen. Das Gemisch geht durch die frisch aufgeschüttete Kohle, veranlaßt sie zur trocknen Destillation und gelangt mit Kohlengas beladen in die unteren glühenden Schichten, worauf die Gase den zweiten, mit glühenden Kohlen beschickten Generator durchstreichen, dann in den zweiten Ueberhitzer oder Regenerator gelangen und diesen endlich stark abgekühlt verlassen. Ist im zweiten Generator die Kohlenschicht bis zu einem gewissen Grade gesunken, der erste Generator abgekühlt, so stellt man die Leitung um, so daß jetzt die Reihenfolge: zweiter Ueberhitzer, zweiter Generator (mit frisch nachgefüllter Kohle), erster Generator, erster Ueberhitzer, Gas-

1) Chem. Ztg. 22, 1898. Rep. S. 339.
2) Journ. f. Gasbel. 35. 1892. S. 307.
3) Berg u. Hüttenm. Ztg. 45. 1886. S. 62, 170.

austritt zur Geltung kommt. Es soll so ein continuirlicher Betrieb und ein kohlensäure- und stickstoffarmes Gas von starkem Heizvermögen erzielt werden. — Das von V. B. Lewes angegebene Wassergasverfahren [1]) liefert ein kohlenoxydarmes, wasserstoffreiches Gas. Es soll hier der Generator in drei übereinander liegende Kammern getheilt werden. Die oberste enthält Eisen, die mittlere Koks und die untere wieder Eisen. Die Koks werden durch von unten eingepreßte Luft zum Glühen gebracht, die aus Kohlenoxyd und Stickstoff bestehenden Verbrennungsgase werden aber dann gezwungen, von oben nach unten zu gehen, wobei sie beim Anblasen oxydirtes Eisen wieder reduciren. Ist endlich die richtige Hitze des Generators erreicht, so wird der Luftzutritt abgesperrt und Wasserdampf eingeleitet, der durch das glühende Eisen zersetzt wird, wobei Wasserstoff und Eisenoxyd entstehen. Gleichzeitig wird in die mittlere, mit glühenden Koks gefüllte Kammer ein Gemisch aus Rohpetroleum und überhitztem Wasserdampf eingeblasen. Aus dem Wasserdampf entsteht Wassergas, welches mit den Oeldämpfen sich mischt und die Umwandlung des Oels in permanente Gase, aber keine weitergehende Zersetzung der letzteren zuläßt. Vom oberen Theil des Generators ziehen dann die Gase gemischt ab nach den Kühlern und Reinigern; sie enthalten etwa 40·8 % H, 29·2 Methankohlenwasserstoffe, 14·2 Aethylenkohlenwasserstoffe, 15·2 % Kohlenoxyd und 0·6 % Sauerstoff und Stickstoff. Der Prozeß soll billiger sein, als der von Lowe.

In gewisser Beziehung dem Verfahren von Farbaky und Sólcz ähnlich ist die von H. Strache angegebene Methode der Wassergaserzeugung (D. R. P. 90747).[2]) Ist der Generator mit Stein- oder Braunkohle (?) frisch beschickt, so leitet man von oben durch die Kohlen ein Gemisch aus hocherhitztem Wassergas und überhitztem Wasserdampf. Im unteren Theile des Generators müssen sich stark glühende Koks befinden. Der Gas-Dampfstrom zersetzt die Kohlen in der Weise, daß sie in Koks übergehen und trockne Destillationsproducte nach unten entweichen. Letztere treffen auf die glühenden Koks und werden hierbei weiter zersetzt. Wasserdampf erleidet hier Zersetzung durch Koks, und es entsteht Wasser-

1) Chem. Ztg. 17. 1893. Rep. S. 183.
2) Chem. Ztg. 21. 1897. S. 345. — 22. 1898. S. 554. — Journ. f. Gasbel. 49. 1897. S. 597.

gas. Das etwa in den oberen Schichten durch trockne Destillation gebildete Ammoniak soll in der unteren Zone zu Wasserstoff und Stickstoff zersetzt werden. Das Wassergas durchstreicht noch einen Regenerator, dessen Ziegelgitter es zur Gluth erhitzt. Die Gase werden vom Generator nach dem Regenerator durch einen Ejector befördert. Ein Doppelsitzventil gestattet Ab- und Zufuhr der Gase durch zwei Canäle, deren einer am oberen Ende des Generators, der andere in dessen Mitte liegt und die sich zu einem nach dem oberen Ende des Regenerators führenden Canale vereinigen. Auch führt ein Canal vom unteren Generatorcanal nach dem zwischen den unteren Enden von Generator und Regenerator bestehenden, mit Ejector versehenem Verbindungsstück, der in Communication mit dem oberen Ende des Regenerators gebracht werden kann. Für eine Leistung von 40 bis 50 cbm Wassergas braucht der Generator nur 40 cm Durchmesser und 2·3 m Höhe zu besitzen. Durch die im oberen Theile des Generators erfolgte Verkokung der Steinkohle erhält man für je 100 kg Kohle etwa 45 cbm Wasserstoff und 60 kg Koks. Die letzteren gelangen nach dem unteren Theile des Generators, werden hier glühend und liefern 30 bis 120 cbm Wassergas. Sonach geben 100 kg Steinkohle 75 bis 100 cbm Wassergas von hohem Wasserstoffgehalte. Da der Theer vollständige Zersetzung erleidet, so giebt es im Scrubber keine Theerabscheidung. Die Regeneratoren vermögen eine Dampferhitzung von 1000 bis 1500° zu geben, was eine Verminderung der Abkühlung in den Generatoren während des Gasmachens bei Verlängerung der Zeitdauer dieses Processes zur Folge hat. Hinter dem Scrubber ist ein Ausgleichsbehälter angeordnet, der die einmalige Gasproduction aufzunehmen vermag und sie durch die Reiniger in die Hauptbehälter weiter giebt. In den Gasen ist Kieselsäure vorhanden, die sorgfältig beseitigt werden muß, da sonst Brennerverstopfungen eintreten. Für Glühlichtbeleuchtung muß ebenfalls dem Wassergas beigemischtes Eisencarbonyl durch Waschen mit Schwefelsäure (1 kg Säure auf 100 cbm Gas) entfernt werden. Um das Gas riechend zu machen, wird eine 50procentige Lösung von Carbylamin, wovon 1 cbm nur 0·1 ₰. kostet, zugemischt. Zur Carburirung wird Benzol empfohlen. — Bei dem neuen Verfahren von C. Dellwik geschieht die Erhitzung des Gasgenerators durch möglichst vollständige Verbrennung der Kohlenschicht, weshalb das ent-

weichende Generatorgas vorwiegend Kohlensäure und nur wenig Kohlenoxyd enthält.[1]) In Folge der hiermit verbundenen größeren Wärmeproduction wird die Zeit des Heißblasens wesentlich verkürzt, während die Dauer des Kaltblasens, also des Durchleitens von Wasserdampf erheblich verlängert werden kann. Nach H. Dicke liefert ein Dellwik'scher Generator für 1 kg Koks 2·4 bis 2·5 cbm Wassergas, während bei den alten Apparaten nur 0·8 bis 0·9 cbm gewonnen werden. Auch G. Hausdorf bestätigt diese Beobachtung und fügt weiter hinzu, daß die Ausbeute an Wassergas für 1 kg Koks beim alten Verfahren 42, bei dem Verfahren von Humphreys und Glasgow 56 und bei Dellwikgeneratoren 72 % betrage. Das wesentlich Neue des Dellwik'schen Verfahrens ist das völlige Fehlen von Generatorgas; der Generatorbetrieb liefert vielmehr nur Verbrennungsgase.

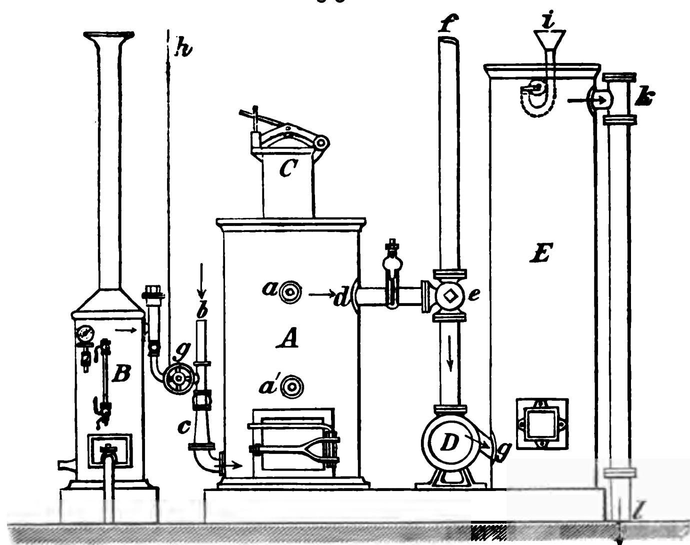
Bei dem Verfahren von W. S. Wright besitzt der Ofen schief liegende Retorten, in denen in gewöhnlicher Weise Generatorgas erzeugt wird.[2]) Die rückständigen Koks sollen dann noch glühend in einen darunter befindlichen Schacht fallen und hier zur Erzeugung von Wassergas dienen. Das Generator- und Wassergas werden gemeinschaftlich aufgefangen, so daß man hier also nur eine Art Halbwassergas erhält. W. S. Abel stellt über dem Schachte des Generators einen nach oben spitz kegelförmig verlaufenden Koksofen auf, der von den Abzügen für die Generatorgase umgeben ist (D. R. P. 90415).[3]) Die hier eingefüllte Kohle soll durch die Hitze der Generatorgase verkokt und noch glühend in den darunter befindlichen Generatorschacht überführt werden, worin das Verfahren also dem vorigen gleicht. Die Koksofengase sollen ebenfalls in dem Mantelraume des Koksofens verbrannt werden, wie die Generatorgase. Der Mantelraum dient nach dem Heißblasen bei Eintritt des Wasserdampfs zum Vorheizen des letzteren, der von oben nach unten die glühenden Koks des Generators durchströmt. Das Wassergas entweicht am unteren Generatorende.

Wo man zu der glühenden Koksbeschickung im Generator

1) Chem. Ztg. 22. 1898. S. 227, 646. — Journ. f. Gasbel. 40. 1897. S. 665.
2) Journ. f. Gasbel. 33. 1890. S. 165.
3) Chem. Ztg. 21. 1897. S. 337.

ein Gemisch von Luft und Wasserdampf einführt, da erhält man ein Gasgemisch, das durch höheren Wasserstoffgehalt sich auszeichnet, aber auch stickstoffreich ist, und sich in ununterbrochenem Betriebe herstellen läßt. Man nennt dieses Gemisch Generatorwassergas oder nach Lunge Halbwassergas, nach Fischer dagegen Mischgas. Mitunter wird auch noch nach dem ältesten für diesen Zweck erfundenen Apparate, der von Dowson herrührt,

Fig. 5.



dieser Abart des Wassergases der Name Dowsongas zuertheilt. Die Einrichtung eines modernen Apparats für Halbwassergas, der von der Firma H. Hirzel in Plagwitz-Leipzig herrührt, geben wir in Figur 5 (nach Dammer, Handb. d. chem. Techn. 4. Bd. 1898 S. 305). Ueber den Betrieb solcher Anlagen haben Böcking[1]) und H. Trillich[2]) ausführliche Mittheilungen gemacht. In der Skizze bezeichnet A den Generator, dessen Füll-

1) Ztschr. d. V. dsch. Ing. 31 1887. S. 1007.
2) Journ. f. Gasbel. 36. 1893. S. 245.

vorrichtung C ein leichtes Oeffnen und Schließen gestattet. Der Generator wird am besten mit Koks oder Anthracit beschickt; doch sind für einzelne Fälle auch Braunkohlen, Torf, Holzabfälle u. s. w. verwendbar, nämlich dann, wenn das Gas direct aus dem Generator auf größeren Feuerherden zur Verbrennung kommen soll, in welchem Falle auch der Gaskühler und Reiniger E weggelassen wird. Die Einfüllung im Generator geschieht bis an das Schauglas a, und es ist auf horizontale Oberfläche zu sehen. Da die Gesammthöhe der Kohlenschicht nicht groß ist, mitunter nur 30 cm, so muß das Verbrannte regelmäßig durch C ergänzt werden. Am Generator ist der Dampfstrahlapparat c mit dem Regulirventil g angebracht. Der Injector wird von dem Dampfkessel B aus in Betrieb gesetzt und saugt von b aus Luft an. Zunächst bringt man durch Zufuhr von Luft unter den Rost von A die Kohle des Generators in lebhafte Glut, wobei unten nach der Gleichung $C + O_2 = CO_2$ sich Kohlensäure, oben nach der Gleichung $C + CO_2 = 2CO$ sich Kohlenoxyd bildet. Ist genügende Gluth in A erreicht, so läßt man durch den Injector gleichzeitig Luft und Wasserdampf von 4 Atmosphären Druck (Dampf von 190°) unter den Rost von A gelangen, und nunmehr bildet sich neben Generator- auch Wassergas nach den Gleichungen $C + H_2O = CO + H_2$ und $C + 2\,H_2O = CO_2 + 2\,H_2$. Jetzt entweicht also bei d ein Gemisch von Wasserstoff, Kohlenoxyd, Stickstoff und Kohlensäure. Dasselbe gelangt nach dem Dreiwegehahne e, von wo es bei normalem Gange nach D geht, doch auch durch ef ins Freie abgelassen werden kann. D ist eine Vorlage, in welcher das von e kommende Rohr unter Wasser endet. Nun tritt das Gas bei g in den Scrubber E ein, einen 4 m hohen, mit Koks gefüllten Thurm, in den von i aus Wasser rieselt. Der Wasserablauf erfolgt durch Syphons. In D und E wird das Gas nicht blos gewaschen, sondern auch gekühlt, was nöthig ist, wenn man es auffammeln will; denn es verläßt den Generator mit einer Temperatur von etwa 550°. Schließlich kann das Gas noch durch einen mit Sägemehl gefüllten Filtrirapparat geschickt werden, der sich aber leicht verstopft. In der Zeichnung ist directer Abzug durch k l nach dem Gasometer angenommen. Dieses steht hinter B und ist durch eine Steuervorrichtung g h mit dem Dampfregulirventil g verbunden; in dem Maaße, wie sich das Gasometer füllt, wird dieses Ventil gegen B

verschlossen und somit die Gaserzeugung selbstthätig abgeschwächt. Bei gefülltem Gasometer würde g vollständig geschlossen und damit der Injector außer Thätigkeit gebracht sein. Das Gasometer soll übrigens hauptsächlich als Druckregulator, weniger als Sammelgefäß dienen, daher es kein besonders hohes Fassungsvermögen besitzt (weniger als 5 bis wenig über 25 cbm). Das Dowsongas ist billiger in seiner Herstellung als Leuchtgas, verbrennt rußlos und soll größere Heizkraft besitzen, als das Generatorgas, daher es besonders als Kraftgas vielfach Verwendung gefunden hat. Im Jahre 1893 gab es im ganzen Europa 118, in Deutschland allein 30 solche Anlagen. Das Gas enthält etwa 20 % Kohlenoxyd und ist daher sehr giftig. Wurde es aus Anthracit hergestellt, so enthält es stets Schwefelwasserstoff und etwas Schwefelkohlenstoff, ist also keineswegs geruchlos. Außer als Motorgas kommt es auch als Heizgas in Verwendung, während es sich zur Beleuchtung weder in carburirter Form, noch unter Benutzung von Incandescenzbrennern eignet. — In gewisser Beziehung zu den Mischgasen zu rechnen wäre auch das von R. Mannesmann hergestellte Gas (D. R. P. 66326).[1]) Dasselbe wird erhalten, indem ein Theil des in einem Generator hergestellten Generatorgases mit Wasserdampf gemischt und durch einen heißen Regenerator gejagt wird, worauf das Gemisch im überhitzten Zustand in den Generator zurückkehrt und hier zur Vergasung der Kohle bez. zur Wassergasbildung dient. Was man hier erhält wird etwa eine Mischung aus Wassergas und Kohlenleuchtgas mit weniger Generatorgas sein.

Chemische Vorgänge bei Gewinnung von Wassergas. Ueber dieses Thema liegen bereits in diesem Jahrbuche Mittheilungen vor (Jahrb. 22. 1886 S. 280, 282. — 29. 1893 S. 251), die sich beziehen auf die thermische Seite des Processes, auf die bei der Darstellung entstehenden Verbindungen, die Zersetzlichkeit des Wasserdampfes u. s. w. Hier sei zunächst nochmals auf die Arbeit von A. Naumann und C. Pistor hingewiesen[2]), nach welcher die für gewöhnlich aufgestellte Gleichung des Wassergasprocesses: $C + H_2O = CO + H_2$ den Thatsachen in keiner Weise entspricht. Hat die Kohlenschicht, über

1) Chemik. Ztg. 17. 1893. S. 351.
2) Berl. Ber. 18. 1885. S. 1647, 2724, 2894.

welche Kohlendioxyd streichen muß, eine beträchtliche Länge und der Kohlensäurestrom nur mäßige Geschwindigkeit, so beginnt zwischen 530 und 585° die Reaction $CO_2 + C = 2CO$, die bei dieser Temperatur nicht umkehrbar ist. Die Kohlenoxydbildung wächst mit der zunehmenden Hitze. Aber die Reaction vollzieht sich unter Wärmebindung, so daß sie sich selbst verlangsamen wird. Durch Wasserstoff wird Kohlendioxyd bis etwa 900° nicht angegriffen; denn bei der Reaction $CO_2 + H_2 = H_2O + CO$ würde starke Wärmebindung erfolgen, auch ist Kohlenoxyd hitzebeständiger als Wasserdampf. Kohlenoxyd und Wasserdampf setzen sich von 600° nach der Gleichung $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ rückwärts um, allerdings nur sehr unvollkommen; es findet bei dieser Reaction Wärmeentwicklung statt. — G. Lunge stellt zunächst fest, daß Halbwassergas (z. B. Dowsongas) etwas ganz andres ist als Wassergas[1]). Halbwassergas ist nur ein Gemisch von Generatorgas mit Wasserstoff. Die ursprüngliche Absicht bei Erzeugung von Halbwassergas war die, den Betrieb gewöhnlicher Generatoren (die stickstoffhaltiges Kohlenoxyd liefern) durch Verhütung des Schlackens der Kohlenasche weniger mühsam und ökonomischer zu gestalten. Das in den Generator eingeführte Wasser verhinderte durch Temperaturerniedrigung (da es doch sofort verdampfte, fand Wärmeverbrauch statt) das Zusammenbacken der Asche. Allerdings findet dann sofort Reaction zwischen Wasserdampf und glühendem Kohlenstoff statt und zwar von etwa 500° ab nach der Gleichung $C + 2H_2O = CO_2 + H_2$, mit zunehmender Temperatur nach der Gleichung $C + H_2O = CO + H_2$ (vollständig allerdings erst bei 1000 bis 1200°). Da die Temperatur zuerst am höchsten ist, so entsteht zuerst fast nur CO, aber in Folge der bald eintretenden Wärmeverminderung dann immer mehr CO_2, was ein bedeutender Nachtheil ist. Man darf daher mit der Wasserzuführung nicht über eine bestimmte Menge hinausgehen (etwa 0·7 bis 0·8 kg Wasserdampf auf 1 kg in gasförmige Verbindungen übergeführten Kohlenstoff). Die theoretische Gleichung wäre $2C + O + H_2O = CO + H_2$, der aber die practischen Erfolge in ungünstiger Weise nicht entsprechen. Bei dem Dowsongas wird allerdings sofort überhitzter Wasserdampf zugeführt, ohne daß indessen ein besonders großer Nutzen

1) Chem. Ind. 10. 1887. S. 170.

hieraus zu entspringen scheint. Der Vortheil dieser Halbwassergase gegenüber dem Generatorgas liegt hauptsächlich in der leichteren Bedienung des Generators. — Das eigentliche Wassergas darf nach Lunge vernünftiger Weise nicht deshalb hergestellt werden, um eine möglichst vollständige Ausnutzung des Brennwerths der Kohle zu erzielen, sondern vielmehr um der Vorzüge willen, die es bei seiner weiteren Verwendung besitzt. Man erleidet bei dem besten bisher bekannten Wassergasapparate und bei der günstigen Ausnutzung seiner Producte immer 16 % mehr Verlust an der Heizkraft der Kohlen, als bei ihrer Umwandlung in Generatorgas.

Nach J. Lang vollziehen sich die beiden Reactionen des Wassergasprocesses $CO_2 + C = 2CO$ und $2H_2O + C = CO_2 + 2H_2$ neben einander, die letztere aber nur, wenn die Kohle nicht heiß genug ist oder die Producte der Umsetzung mit überschüssigem Wasserdampf gemischt noch durch kohlefreie, stark erhitzte Räume streichen.[1]) Ist dagegen genug poröse, glühende Kohle da, so wird immer die Menge der Kohlensäure gering sein, wenn sie auch nie verschwindet, da selbst bei 1000° die Wasserzersetzung durch Kohle nach der Gleichung $H_2O + C = CO + H_2$ nur unvollständig ist. Auch ist auf die Zersetzung des Methans bei 700 bis 800° unter Abscheidung von Kohlenstoff Rücksicht zu nehmen, ebenso wie auf die Reaction $CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$, bei der gleichfalls etwas Kohlenstoffabscheidung eintritt. Der abgeschiedene Kohlenstoff ist dann so dicht, daß er nur wenig zersetzende Wirkung auf die vorhandenen Gase ausübt. — Nach H. Bunte ist von besonderer Wichtigkeit für einen richtigen Betrieb der Wassergaserzeugung, die Bedingungen genau zu kennen, unter denen Wasserdampf durch glühende Kohlen möglichst vollständig zersetzt wird.[2]) Es hat sich nämlich gezeigt, daß ein Theil des Wasserdampfes den Generator unzersetzt verläßt; denn während für 1 cbm Wassergas 0·4 kg Wasserdampf theoretisch nöthig sind, braucht man praktisch sehr viel mehr. Harris hat nun Versuche über die Zersetzung des Wasserdampfes durch glühende Kohlen angestellt, wobei sich herausstellte, daß bei 11·3 l Gas in der Secunde und 1125° im Generator 99·4 %

1) Journ. f. Gasbel. 21. 1888. S. 932.
2) Ebendas. 37. 1894. S. 81.

des Wassers zersetzt und ein Wassergas aus 50·9 Vol.-% H, 48·5 % CO und 0·6 % CO_2, also von fast theoretischer Zusammensetzung erhalten wurde. Bei 600 bis 700° findet die Zersetzung hauptsächlich nach der Gleichung $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$, bei 1000 bis 1200° fast vollständig nach der Gleichung $C + H_2O = CO + H_2$ statt. In gleicher Weise entweichen bei den niedrigeren Temperaturen große Mengen Wasserdampf unzersetzt aus dem Generator (z. B. bei etwa 700° 91·2 % vom gesammten Wasserdampf!). Es wird also bei der höchsten Generatortemperatur, die zu Anfang des Processes herrscht, in jeder Beziehung die günstigste Arbeit erzielt werden. Bunte schlägt daher vor, den Generator mit möglichst heißer Gebläseluft anzublasen. Interessant ist übrigens auch die Beobachtung, daß fertiges Steinkohlenleuchtgas, welches durch mit Koksstücken oder mit Eisenspähnen gefüllte und auf 1100 bis 1200° C erhitzte Röhren geleitet wurde, unter Volumenvermehrung sich in eine Art Wassergas umwandelt, das (bei Ueberheizung mit Koks) 81·4 Vol.-% H und 10·2 % Vol.-% CO enthielt. — W. Hempel macht auf den großen Vorzug des Wassergases, stickstofffrei zu sein, aufmerksam und betont von neuem, daß es ein großer Fehler sei, den Generator mit kalter Luft und mit nicht überhitztem Wasserdampf zu betreiben.[1]) Mit ähnlichen Untersuchungen, wie Bunte, und der theoretischen Begründung der über den Generatorbetrieb gemachten practischen Erfahrungen hat sich auch H. Luggin beschäftigt, auf dessen Arbeit jedoch nur verwiesen werden kann.[2])

Zusammensetzung und Heizwerth des Wassergases. Wir lassen zunächst eine Uebersicht über die Zusammensetzung verschiedener Wassergassorten nach neueren Analysen folgen:

Nr.	Verfahren von	Volumenprocente							Carburirt?	Analyse ausgeführt oder mitgetheilt von
		H	CO	CO_2	N	O	CH_4	Schwere Kohlenwasserstoffe		
1	Tessié du Motay.	28·3	25·2	3·1	1·2	—	26·6	15·6	Ja	Hempel 1881
2	„ „ „ .	28·8	27·7	—	3·1	0·6	25·5	14·3	„	Lunge 1893
3	Schulz, Knaudt u. C.	49·5	41·2	4·0	5·3	—	—	—	Nein	Lunge 1887
4	Lowe (Nach 2 Min.	31·8	25·7	3·8	4·2	0·6	20·8	13·1	Ja	Hempel 1887

1) Journ. f. Gasbel. 37. 1894 S. 86.
2) Ebendas. 41. 1898 S. 712.

Nr.	Verfahren von	Volumenprocente							Carburirt?	Analyse ausgeführt oder mitgetheilt von
		H	CO	CO_2	N	O	CH_4	Schwere Kohlenwasserstoffe		
5	Lowe (Nach 9 Min.	28·1	18·3	3·3	3·5	—	21·7	25·1	Ja	Hempel 1887
6	„ (N. 17. Min.	26·5	18·8	3·0	3·7	0·2	23·2	24·6	„	„ „
7	„	27·1	29·0	0·3	3·9	0·4	25·8	14·0	„	William und Geyer
8	„	22·6	29·2	0·6	2·3	—	31·9	13·4	„	Thorne 1894
9	Granger	18·9	28·3	0·1	2·6	0·1	37·2	12·8	„	Moore 1887
10	Hanlon u. Leadley	42·8	31·3	2·6	5·4	—	11·6	6·3	„	Hempel 1887
11	Lewes	40·8	15·2	—	0·5	0·1	29·2	14·2	„	Thorne 1894
12	Dowson (Halbwassergas) . . .	11·2	30·8	2·2	55·2	—	—	—	Nein	Blaß 1887
13	Dowson	18·7	25·1	6·6	49·0	—	0·3	—	„	Zulkowski 1890
14	„ (theoretisch)	21·1	40·9	—	38·0	—	—	—	„	Naumann 1892
15	„ (Englischer Anthracit). . . .	18·4	26·8	7·2	47·0	—	0·6	—	„	Trillich 1893
16	Dowson (Deutscher Anthracit). . . .	18·2	18·2	9·0	53·5	—	1·0	—	„	„ „

Bei den eigentlichen Wassergase ist die theoretische Zusammensetzung nicht angeführt, da dieselbe ja für nicht carburirtes Gas sich zu je 50 % auf Wasserstoff und Kohlenoxyd vertheilen würde.

Bei der Frage nach dem Heizwerth von Wassergas wird vielfach die Annahme gemacht, derselbe müsse um so günstiger sein, je wasserstoffreicher das Gas ausfällt. Es giebt sogar besondere Verfahren, die beabsichtigen, das Wassergas des Kohlenoxydgehaltes zu berauben. Ein solches ist das schon früher besprochene von Hembert und Henry (Jahrb. 22. 1886. S. 290). Hierher gehören ferner in gewissen Sinne die in diesem Jahre unter „Wasserstoff" besprochenen Verfahren von Krupp, von Lewes und von Schimming (vergl. S. 244, 245); das Verfahren von Lewes ist nochmals unter „Wassergas" auf S. 277 erwähnt. Auch die Methode von M. Bauer gehört hierher (D.R.P. 38904), nach der über mit Eisen gemischte und zum Glühen erhitzte Kohle Wasserdampf geleitet wird.[1]) Es sollen dann folgende Reactionen sich abspielen: (1) $2Fe + 3H_2O = Fe_2O_3 + 3H_2$; (2) $3C + Fe_2O_3 = 3CO + Fe_2$ oder $3C + 2Fe_2O_3 = 3CO_2 + 2Fe_2$; (3) H_2O

1) Dingl. polyt. Journ. 265. 1887 S. 377.

$+ CO = CO_2 + H_2$; (4) $3CO + Fe_2O_3 = 3CO_2 + Fe_2$. Mithin soll kohlenoxydfreier Wasserstoff entweichen; die zugemischte Kohlensäure soll durch eine Sodalösung absorbirt werden: $Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2NaHCO_3$. W. Leybold weist nun aber darauf hin, daß es überhaupt ein Irrthum ist, wenn man dem wasserstoffreicheren Gase einen wesentlich erhöhten Heizwerth gegenüber gewöhnlichem Wassergase zutraut; denn 1 g H giebt bei der Verbrennung 34462 und 1 g CO 2403 Calorien, also 1 cbm H 3 087 795 und 1 cbm CO 3 007 355 Calorien, — ein unbedeutender Unterschied. Es würde weiter bei dem Verfahren ein guter Theil des Eisenoxyds nur zum Oxydul reducirt werden, welches eine leichtflüssige, die Steine des Ofens stark angreifende Schlacke bilden würde. Endlich ist selbst gewaschenes Wassergas schwefelwasserstoffhaltig, und so würde ein Theil des vorgelegten Soda in Schwefelnatrium verwandelt werden. V. B. Lewes ist zu der Einsicht gelangt, daß ein Gas mit mehr als 50 % Wasserstoff (der Gehalt des ideellen Wassergases) auch für Beleuchtungszwecke unbrauchbar ist, weil es zu großen Verbrauch bei zu geringer Flammengröße verursacht.[1]) Aber auch gegen das Lewes'sche Verfahren sind viele Einsprüche zu erheben, die wir hier nicht aufzählen können.

Nach G. Lunge wird die Heizkraft des Brennstoffs bei der Herstellung von eigentlichem Wassergase keineswegs am günstigsten ausgenutzt; vielmehr ist das ökonomischere Heizgas das Generatorgas.[2]) Bei der Verbrennung von Kohlen auf dem Roste arbeitet man mit großem Luftüberschusse, was bei der Verbrennung von Generator- oder Wassergas nicht der Fall ist. Aber das Generatorgas kommt sofort mit der Hitze, die es aus dem Generator bringt, zur Verwendung, während das Wassergas auf gewöhnliche Temperatur abgekühlt wird, und das bedeutet einen großen Wärmeverlust. Wo ferner das Wasser in flüssiger Form in den Generator gelangt, da geht die zu seiner Verdampfung und zur Ueberhitzung des Dampfes nöthige Wärme ebenfalls verloren. Dabei führt das Wassergas stets noch Wasserdampf mit sich, welcher bei der Verbrennung einen Theil der entwickelten Wärme verbraucht. Nach Lunge

1) Journ. f. Gasbel. 37. 1894 S. 108.
2) Chem. Ind. 10. 1887 S. 172.

liefert Wassergas bei seiner Verbrennung nur 79·2 % von dem den verbrauchten Koks entsprechendem Heizwerth, falls die zuerst erzeugten Generatorgase nicht etwa nutzlos verloren gehen, während sich bei Generatorgas etwa 95 % erzielen lassen. Dagegen lehrt die Erfahrung, daß die Temperatur, welche durch die Verbrennung des Wassergases erreicht wird, wesentlich höher ist, als die Generatorflamme, was vorwiegend auf die kleinere Flamme des ersteren zurückzuführen sein dürfte, von der der geringeren Oberfläche wegen viel weniger Wärme ausgestrahlt wird als bei der größeren Flamme des Generator- oder Leuchtgases. Außerdem verläuft die Verbrennung des Wassergases schneller als die des Generator- und des Leuchtgases. — Auch L. Bell hat die Kohle, das Generator- und das Wassergas auf ihren praktischen Heizeffect untersucht und giebt denselben in Procenten vom theoretischen Effect zu 83·93 bei der Kohle, 78·8 bei Generator- und Wassergas und 71·14 bei Generatorgas an; nach ihm wäre also Wassergas etwas günstiger gestellt als Generatorgas.[1]) Diese und andere Behauptungen Bell's fanden denn auch Widerspruch bei Wilby, Dowson, Gaillard u. A. Doch gelangte auch A. Naumann zu besseren Ergebnissen bezüglich des Wassergases, als Lunge.[2]) Er stellte Vergleiche zwischen Leucht-, Generator- und Wassergas an, die allerdings nur rechnerisch durchgeführt wurden, und fand folgendes: Die Bildungswärme des Generatorgases beträgt 29690 Calorien und die Temperatur des Gases müßte dementsprechend 2169° sein, vorausgesetzt daß die specifischen Wärmen der Bestandtheile auch für hohe Temperaturen unverändert bleiben. Die Verbrennungswärme von 1 Molekül CO beträgt 67960, die des angewendeten Kohlenstoffs 97650 Calorien. Man muß nun versuchen, die Wärmemenge, welche der Temperatur des eben gebildeten Generatorgases entspricht, diesem dauernd einzuverleiben, indem man sie in chemische Energie umwandelt. Dies kann geschehen, indem man mit der Luft in den Generator soviel Wasser einleitet, als auf Kosten der 29690 Calorien Bildungswärme des Generatorgases zu Wasserstoff und Kohlenoxyd verwandelt werden können, wobei man also „Wassergeneratorgas" bekommt, oder indem man soviel Kohlensäure ein-

1) Stahl und Eisen 9. 1889 S. 921, 993.
2) Berl. Ber. 25. 1892 S. 556.

führt, als unter vorliegenden Bedingungen in Kohlenoxyd umgewandelt werden kann, wobei „Kohlendioxydgeneratorgas" entstünde. Die Zusammensetzung der Gase würde theoretisch die folgende sein:

	Volumenprocente		
	Kohlenoxyd	Wasserstoff	Stickstoff
1) Generatorgas	34·3	—	65·7
2) Wassergeneratorgas			
a) aus flüssigem H_2O v. 15°	39·7	17·2	43·1
b) a. gasförmigen „ „ „	40·9	21·1	38·0
3) Kohlendioxydgeneratorgas	57·1	—	42·9
4) Wassergas	50·0	50·0	—

Es bedeutet dann in folgender Zusammenstellung A: die Verbrennungswärmen von 1 Liter Gas bezogen auf gasförmiges Wasser von 15° als Verbrennungsproduct, ausgedrückt in Calorien; B: die Flammentemperaturerhöhung in Graden Celsius, und C: die Wärmeabgabe der von 1 Liter Gas gelieferten Verbrennungsgase für 1° Temperaturerniedrigung in Calorien. Der Berechnung ist der Verbrauch einer theoretisch richtigen Luftmenge als Bedingung zu Grunde gelegt.

Gasart	A	B	C
1	1044	1904	0·5487
2a	1652	2356	0·7016
2b	1790	2431	0·7363
3	1739	2449	0·7101
4	2812	2830	0·9934

Zu beachten ist allerdings, daß diese Zahlen nur einen theoretischen Werth haben; sie lassen das Wassergas als sehr überlegen erscheinen. — Weiter macht H. Dicke die folgenden Angaben.[1] 1 cbm Wassergas enthält theoretisch 0·27 kg Kohlenstoff, 0·0488 kg Wasserstoff und 0·358 kg Sauerstoff oder 0·625 kg Kohlenoxyd und 0·0448 kg Wasserstoff. Zu seiner Darstellung sind also 0·27 kg Kohlenstoff und 0·403 kg oder 0·68 cbm Wasserdampf, zu seiner Verbrennung 2·387 cbm oder 3·1 kg Luft nöthig. Bei der Verbrennung liefert 1 cbm Wassergas von theoretisch richtiger Zusammensetzung 3023 Calorien und giebt eine Verbrennungstemperatur von 2800° C. Zur Erzeugung der-

1) Journ. f. Gasbel. 36. 1893 S. 545.

braucht 1 cbm Wassergas 775 Calorien. Wassergeneratorgas aus 1 kg Kohlenstoff würde aus 1 cbm Wassergas und 4 cbm Generatorgas bestehen. Der darin enthaltene Kohlenstoff würde beim Verbrennen 4000 Calorien liefern und eine Temperatur von 2200 °C geben. 1 cbm Generatorgas mit 30 % CO würde zur Verbrennung 1 cbm Luft brauchen und etwa 1000 Calorien bei 1890 °C erzeugen. (Man vergleiche Jahrbuch 27. 1886 S. 280 bis 284).

Verunreinigungen des Wassergases. Odorisiren. Durch Versuche von H. E. Roscoe und F. Scudder wurde festgestellt, daß das Kohlenoxyd des Wassergases metallisches Eisen schon bei gewöhnlicher Temperatur unter Bildung von Eisencarbonyl angreift, sobald der Gasdruck auf 8 Atm. steigt.[1]) Das Eisencarbonyl entweicht dann gemeinsam mit dem Wassergas, das nunmehr mit hell leuchtender Flamme verbrennt. Beim Durchleiten des Gases durch eine erhitzte Röhre zersetzt sich das Carbonyl unter Ausscheidung eines Eisenspiegels; auch durch Verflüssigung kann es aus dem Wassergase ausgeschieden werden. Nach H. Strache kommen als Verunreinigungen des Wassergases vor: Flugasche, Kohlensäure, Stickstoff, Sauerstoff, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff, sowie Spuren von Cyanwasserstoff, Siliciumwasserstoff und Eisencarbonyl.[2]) Das Eisencarbonyl kann man durch Waschung mit Schwefelsäure beseitigen und muß dies thun, wenn das Gas aus Beleuchtungsbrennern verbrannt werden soll.

Zum Odorisiren des Wassergases, das an sich geruchlos ist, schlägt J. Lewkowitsch eine Zumischung von Thioaceton vor, welches man durch Wechselwirkung von Schwefelwasserstoff und Aceton erhält.[3]) Dasselbe entwickelt bei genügender Verdünnung einen furchtbaren Geruch. Auch Acroleïn soll verwendbar sein. — Nach H. Dicke wäre Mercaptan besonders empfehlenswerth. Hinter dem Druckregulator soll ein besonderes, mit 10 procentiger Mercaptanlösung gefülltes Gefäß eingeschaltet werden, durch welches ein kleiner Theil des Wassergases streicht, um sich dann wieder der Hauptmasse des Gases zu zu mischen und dieses intensiv riechend zu machen. Strache

1) Berl. Ber. 24. 1891 S. 3843.
2) Journ. f. Gasbel. 37. 1894 S. 26.
3) Chem. News 61. 1890 S. 219.

hält dagegen Carbylamin für besser als Mercaptan und wendet es in 50procentiger Lösung an.[1])

Gefährlichkeit des Wassergases. Das Wassergas ist stark kohlenoxydhaltig und dabei, wenigstens theoretisch betrachtet, geruchlos, so daß also sein Eindringen in von Menschen benutzte Räume nicht sofort wahrgenommen werden kann. Es sind dann Kohlenoxydvergiftungen möglich, die von 0·2 % Kohlenoxydgehalt der Luft an tödtlichen Ausgang nehmen können. Die hieraus folgende hygienische Gefahr bei Anwendung von Wassergas ist nach K. Hartmann[2]) eine bedeutende, denn die Giftigkeit wächst proportional mit dem Gehalte an CO, und schon Leuchtgas, das nur 3 bis 10 Vol.-% CO enthält und stark riecht, hat zahlreiche Vergiftungsfälle zur Folge gehabt, — um wie viel gefährlicher ist das geruchlose Wassergas mit seinem bis zu 30 % steigendem Kohlenoxydgehalt! Daher ist nach Hartmann vor der Verwendung des Wassergases mindestens in der Hauswirthschaft entschieden zu warnen. In der Schweiz ist denn auch eine Commission zusammengetreten, die sich mit Untersuchungen über die Giftigkeit des Wassergases eingehend beschäftigt hat. G. Lunge, der Berichterstatter dieser Commission, kommt dabei zu dem Schlusse, daß, falls nur einige Vorsichtsmaßregeln vorgeschrieben und beständig controllirt werden, gegen die Verwendung des Wassergases in Fabriken (aber nur in diesen) keine hygienischen Bedenken vorliegen. Dagegen ist E. Blaß der Meinung, daß mit Mercaptan oder Nitrobenzol riechend gemachtes Wassergas auch für Hausleitungen anwendbar sei, umsomehr, als auch diese ausreichend auf ihre Dichtheit geprüft werden könnten.[3]) Wyß hat Thierversuche mit Halbwassergas und Wassergas angestellt und gefunden, daß 1 % Wassergas oder 1·5 % Dowsongas in der Luft den Tod warmblütiger Tiere, aber schon ein Gehalt der Luft von 0·1 % Wassergas oder 0·3 % Dowsongas Krankheitserscheinungen hervorruft.[4]) Besonders beachtlich ist, daß diese Gase sehr schnell das Bewußtsein aufheben und somit den Menschen verhindern, rechtzeitig Schutzmaßregeln zu ergreifen,

1) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 554.
2) Journ. f. Gasbel. 30. 1887 S. 1043.
3) Zeitschrft. f. angew. Chemie 1888 S. 462, 664. — Gesundheits-Ingenieur 11. 1888 S. 643, 769.
4) Dtsch. Ind. Ztg. 30. 1889 S. 277.

Stevenson berichtet von zwei Wassergasvergiftungen in Leeds, die den Tod zur Folge hatten.[1] Blut und Eingeweide der Verstorbenen blieben noch einen Monat lang rosenroth gefärbt und vor Fäulniß geschützt. Die im Blute vorhandene Menge Wassergas betrug 0·03 %. Die üblichen Maßnahmen zur Wiederbelebung Erstickter hatten bei Wassergasvergifteten keinen Erfolg. — Trotz der Giftigkeit des Wassergases war schon im Jahre 1896 nach dem Berichte einer englischen Commission 70 % alles in den Vereinigten Staaten verbrauchten Leuchtgases nichts andres als carburirtes Wassergas, in England etwa 24 %.[2] Es wird empfohlen, nur solches Leuchtgas zuzulassen, das 12 bis 16 % Kohlenoxyd enthält, also aus 30 bis 40 % carburirtem Wassergas mit 70 bis 60 % Steinkohlenleuchtgas bestehen müßte.

Verwendung des Wassergases. Die Hauptverwendung, welche Wassergas bisher gefunden hat, ist die zur Beleuchtung, zu welchem Zwecke das Gas gewöhnlich carburirt wird. Wo Petroleumdestillate, Rohpetroleum und Petroleumrückstände billig genug sind, da mag die Carburirung zulässig erscheinen, obwohl nach G. Lunge für 1 kg Anthracit 1 kg Carburirungsmittel nöthig ist und 1 cbm Gas entsteht.[3] Leider ist die „Fixirung" stets unvollständig, und in der Kälte bilden sich Ausscheidungen aus dem Gase, wodurch das Leuchtvermögen herabgemindert wird. Besser ist die Benutzung der Fahnehjelm'schen Magnesiakämme (vergl. Jahrb. 22. 1886 S. 288), also die Herstellung von Wassergasglühlicht. Eine weitere Verwendung wird das Wassergas in Zukunft wahrscheinlich als Heizgas finden, und zwar sowohl für häusliche wie für industrielle Zwecke. Auch der Betrieb von Gasmotoren durch Wassergas hat sich bei Versuchen bereits als praktisch möglich und vortheilhaft erwiesen. Ferner hat sich bei Versuchen, die C. Sandahl auf Veranlassung von B. H. Thwaite angestellt hat, ergeben, daß Wassergas gegenüber Rotheisenstein (Eisenoxyd) ein um 52 % besseres Reductionsmittel ist, als Kohlenoxyd.[4] Es ist also auch eine hüttenmännische Ausnutzung des Wassergases denkbar.

---

1) Chem. Centralblatt 1890¹ S. 915.
2) Ztschr. f. angew. Chemie 1899 S. 240.
3) Chem. Ind. 10. 1887 S. 177.
4) Berg- und Hüttenm. Ztg. 45. 1886 S. 321.

Was die Beleuchtung mit Wassergas anlangt, so sind auch heute noch die Glühkörper von O. Fahnehjelm am meisten verwendet. Jedoch steckt man die einzelnen Magnesianadeln nicht mehr in Thon, der in die Höhlung des Nadelträgers eingefüllt ist, sondern schiebt sie vielmehr durch Löcher des aus Metallblech, Thon oder anderen feuerfesten Materialien gebildeten Rückens.[1]) Sie sitzen dann fest, da sie am oberen Ende mit einem Knopf versehen sind. Es hat dies den Vortheil, ein leichtes Auswechseln der Nadeln zu ermöglichen. Uebrigens hat auch der Brenner wesentliche Verbesserungen erfahren (DRP 34807). Nach J. Dicke liefert verbessertes Magnesiawassergaslicht bei 190 Liter Gasverbrauch 45 bis 50 Kerzen, und zwar hat das Licht gelbliche Farbe. Die Nadeln wurden aus dolomitischer Magnesia bereitet, sind also kalkhaltig und werden außerdem mit Chromsalzlösung getränkt. Ein ganzer Kamm kostet 15 Pfg., die Kerzenstunde 0·028 Pfg. Auch Wassergasauerbrenner gelangen zur Verwendung, die jedoch ohne Cylinder benutzt werden. Bei 230 Liter stündlichen Gasverbrauch giebt ein solcher die ersten 500 Stunden 65 bis 70 und nach 800 Stunden noch 50 Kerzen Lichtstärke. Gleichgültig, welche Glühkörper man verwendet, es findet nach H. Strache immer eine Verminderung der Leuchtkraft statt, weil sich auf den Glühkörpern ein brauner Niederschlag von Eisenoxyd bildet.[2]) Derselbe entsteht durch Zersetzung des Eisencarbonyls $Fe(CO)_4$. Beseitigt man dieses gänzlich (in schon erwähnter Weise), so ist die Lichtabnahme viel geringer. Bei 60 mm Druck und einen Verbrauch von 200 Liter Gas in der Stunde zeigten die Fahnehjelm'schen Glühkörper in den ersten 50 Stunden Vermehrung der Leuchtkraft von 30 auf 50 Kerzen und dann erst im Laufe von 300 Stunden wieder Abnahme bis auf 20 Kerzen. Die Auerstrümpfe ergeben bei 80 mm Druck. und 360 Liter stündlichen Gasverbrauch 130 bis 160 Kerzen, und diese Leuchtkraft blieb während 437 Stunden unverändert. Man kann übrigens auch Auerlicht mit Wassergas unter Anwendung von Cylindern erzeugen, die hier seltener als bei Leuchtgas springen, weil die Wärmeausstrahlung des Strumpfes bei Wassergasheizung geringer ist. Die höhere Temperatur der

1) Chem. Ind. 9. 1886. S. 282.
2) Journ. f. Gasbel. 37. 1894 S. 26, 87, 637. — 40. 1897. S. 597. — Chem. Ztg. 22. 1898 S. 554.

Wassergasflamme macht noch dazu die Strümpfe härter und widerstandsfähiger. Die Wassergasbeleuchtung mit Auerbrennern soll nur den 12. Theil der Kohlengas- und den 4. Theil der elektrischen Bogenlichtbeleuchtung für gleiche Leuchtkraft kosten. Leider läßt sich Wassergas nicht durch gewöhnliche Gasleitungen zuführen, da es schon bei gewöhnlicher Temperatur Eisen in Form von Carbonyl mitnehmeu würde; die eisernen Rohre müssen vielmehr innen getheert werden. Bei alten Gasleitungen genügt in der Regel der in ihnen vorhandene Ueberzug von Schwefeleisen und Rost als ausreichender Schutz. Bei den besten neueren Brennern betrug der Verbrauch für 1 HE nur 1·2 bis 1·7 Liter. Die zur Zeit hergestellten Glühlichtbrenner geben 25, 50, 80, 120 und 150 HK Leuchtkraft. Hier sei bemerkt, daß HE Hefner-Einheit und HK Hefner-Kerze bedeutet. Diese Ausdrücke beziehen sich auf die von Hefner-Alteneck construirte Amylacetatlampe; die Einheit ist die Leuchtkraft einer 40 mm hohen Flamme dieser Lampe 10 Minuten nach dem Anzünden gemessen.[1])

Leybold faßt die Vorzüge des Wassergases in folgender Weise zusammen.[2]) Die Herstellung einer Fabrik für carburirtes Wassergas verlangt geringe Anlagekosten und viel geringere Grundfläche für die Apparate, als eine Leuchtgasfabrik. Wo eine Wassergasanstalt neben einer Leuchtgasfabrik alten Stils errichtet wird, da findet eine wesentlich lohnendere Aufarbeitung der Koks eigener Fabrikation statt, als wenn diese zu Heizzwecken verkauft würden. Die Leuchtkraft des Gases durch Oel in Petroleum zu erhöhen, ist vortheilhafter, als durch Mitverarbeitung von Cannelkohle. Bei der Wassergasherstellung fallen Nebenproducte, die nicht immer lohnend an den Mann zu bringen sind weg, namentlich Ammoniak. Die Reinigung des Wassergases ist eine sehr einfache Sache (durch Kalk oder durch Reinigungsmasse), da nur geringe Mengen von Verunreinigungen vorhanden sind. Der Generator kann ohne Schaden über Nacht stille stehen; er bedarf nur eines halbstündigen Heißblaßeus, um wieder zum Gasmachen fertig zu sein. Hat er längere Zeit gestanden, so genügen wenige Stunden, um ihn zum Wassergasbetrieb wieder fertig zu haben, während die Inbetriebsetzung gewöhnlicher Reservegasretorten

---

1) Journ. f. Gasbel. 36. 1893 S. 341.
2) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 552.

2 bis 3 Tage Zeit verlangen kann.[1]) Endlich ist nur etwa der 14. Theil an Arbeitskräften nöthig wie zur Erzeugung des gleichen Quantums Kohlengas. Als einziger und erheblicher Nachtheil des Wassergases bliebe sein hoher Kohlenoxydgehalt; für gewöhnliche Verhältnisse handelt es sich allerdings nur um einen Zusatz von bis zu 20 % des carburirten Wassergases zum Steinkohlengase, was eine Erhöhung des Kohlenoxydgases von 9 auf 13 % bedingt. In Amerika und England nimmt die Polizei hieran keinen Anstoß. Ungünstiger liegt die Sache natürlich für reines Wassergas.

Verbreitung des Wassergasprocesses. Nach F. J. Shelton hatten im Jahre 1883 etwa 150, im Jahre 1890 über 300 amerikanische Städte Anlagen für carburirtes Wassergas; und zwar handelte es sich 1890 um 9 Anlagen nach dem Retortenproceß, 46 nach dem Generatorproceß mit getrennter und 312 nach dem Generatorproceß mit gleichzeitiger Carburirung.[2]) Im Ganzen hatten die Vereinigten Staaten in 1100 Städten Gasbeleuchtung, darunter in 305 Städten 367 Anlagen für Wassergas. Am reichlichsten vertreten war das Lowe'sche System mit 120 Fabriken. Nach Bunte waren zwei Drittel der gesammten Leuchtgasproduction Amerikas im Jahre 1893 dem carburirten Wassergase auf Rechnung zu stellen[3]), nach einer schon oben angeführten Notiz im Jahre 1896 sogar 70 %. In Großbritannien konnten 1899 etwa 24 % alles Leuchtgases in Form von carburirtem Wassergas erzeugt werden (70 bis 80 Millionen engl. Kubikfuß täglich). In Deutschland ist dem gegenüber die Wassergasproduction zur Zeit noch geringfügig. Nach Dicke hat die Firma J. Pintsch in Berlin von der Europäischen Wassergasgesellschaft die deutschen Patente übernommen und liefert die Anlagen von 50 cbm stündlicher Gaserzeugung an, während die kleineren Apparate auf den Warsteiner Gruben- und Hüttenwerken in Warstein gebaut werden. Ueber die Anzahl der Dowsongasanlagen hat Trillich Mittheilungen gemacht, die schon früher angeführt worden sind (vergl. S. 282).

1) Ztschrft. f. angew. Chemie 1899 S. 240.
2) Journ. f. Gasbel. 33. 1890 S. 460.
3) Ebendas. 36. 1893 S. 405.

Die neuen gasförmigen Elemente:
Argon und Helium, Metargon, Krypton, Neon, Aetherion, Coronium.

Ueber die zwei wichtigsten unter den neu entdeckten gasförmigen Elementen ist bereits zweimal (in den Jahrgängen 1895 und 1897) berichtet worden, nämlich über Argon und Helium. Dieselben werden von H. Erdmann ihrer chemischen Indifferenz wegen, die sie auch physikalisch als außerordentlich vollkommene Gase erscheinen läßt, mit dem Namen Edelgase bezeichnet.[1]) Wir wollen ihre Besprechung derjenigen der übrigen, minder wichtigen Gase vorangehen lassen.

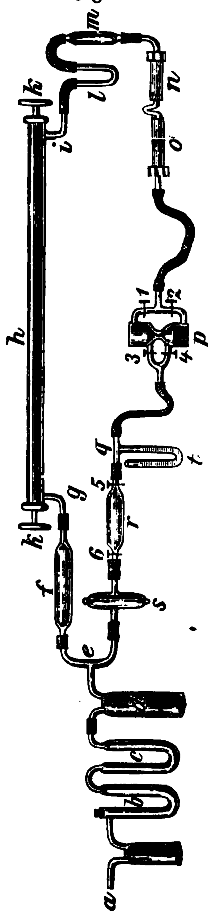
Argon. Das Argon bildet wie bekannt einen Bestandtheil der Luft, in der es zu etwa 0·94 Vol.-% vorkommt. Es findet sich aber auch in natürlichen Gasen, wie dieselben mit Quellen oder aus Erdspalten ausströmen (so in den Gasen der Geisyrs, den Quellen von Wildbad, Cauteret, Bath, Maizières, Perchtoldsdorf, Harrogate u. s. w.). M. Bamberger und A. Landsiedl haben in den Gasen der Badequellen von Vöslau bei Wien im Mittel 1·22 Vol.-% Argon (neben überwiegend Stickstoff und wenig Sauerstoff, sowie geringeren Beträgen an Kohlenoxyd) aufgefunden, während R. Nasini, F. Anderlini und R. Salvadori in den Gasen der Thermen von Abano bei Padua 1·5, der Soffionen von Larderello (Toskana) 2 und der Quellen von Porretta (Appenninen) sogar 3 % Argon nachwiesen.[2]) — Ein Einfluß des Argons der Luft auf die Vegetation ist nach den Versuchen von T. Schloesing Sohn nicht bemerkbar.[3])

Was die Darstellung des Argons anlangt, so beruht diese entweder auf der Beseitigung des Stickstoffs und Sauerstoffs durch Vereinigung derselben zu nitrosen Gasen, die sich in Laugen auflösen, wobei ein Ueberschuß von Sauerstoff zugeführt und der elektrische Funke durch das Gasgemisch geführt wird, oder auf Entfernung des Sauerstoffs durch glühendes Kupfer, des Stickstoffs durch erhitztes Magnesium. Nach H. Erdmann

1) Lehrbuch d. anorgan. Chemie, Braunschweig 1898 S. 83, 84, 226, 232, 756. Auf die Untersuchungen Erdmanns, die er in diesem Werke zuerst mitgetheilt hat, wird hier mehrfach Bezug zu nehmen sein.
2) Chem. Ztg. 22. 1898. Rep. S. 109, 157.
3) Compt. Rend. 125. 1897 p. 719.

ist bei letzterem Verfahren die gesonderte Entfernung des Sauerstoffs entbehrlich, da dieser sich ebenfalls mit erhitztem Magnesium verbindet und dabei nur den vierten Theil des zur Magnesiumnitridbildung nöthigen Metalls verbraucht. Das Erdmann'sche Verfahren der Argondarstellung ist also das folgende. Die Luft tritt bei a in eine Waschflasche mit Kalilauge ein (vergl. die schematische Fig. 6) und durchläuft die beiden, mit Natronkalk gefüllten Trockenröhren b und c, sowie die mit destillirter Schwefelsäure beschickte Flasche d. Bei e gelangt sie in den Kreisstrom. h ist ein nahtloses Eisenrohr von 110 cm Länge und 38 mm lichter Weite, welches im Verbrennungsofen liegt, so daß die beiderseitigen Enden hervorstehen und kalt bleiben. Die Röhre ist mit Magnesiumfeile beschickt, während die hervorstehenden Enden nur gewöhnliche Granaten als Füllung enthalten, die vorher ausgeglüht worden sind. Auch das Magnesium muß im Wasserstoffstrome ausgeglüht werden, ehe es in die Röhre kommt. Die Röhre trägt Verschlußstücke aus Rothguß mit Weichbleidichtungen; aus den Verschlußstücken treten die Gasleitungsrohre g und i heraus, die aus Messing gefertigt sind. In Stopfbüchsen der Verschlußstücke bewegt sich ein etwa 130 cm langer eiserner Rührer mit Handgriffen k, der im Inneren der Magnesiumschicht schraubenförmig gewunden ist. Sobald das Magnesium in h glühend geworden ist, wird die Luft von e her lebhaft durch das mit Phosphorpentoxyd beschickte Rohr f angesaugt, da der Sauerstoff zu Magnesia und der Stickstoff zu Magnesiumnitrid gebunden werden. Ist eine gewisse Menge Argon in h übrig geblieben, so läßt das Saugen nach, und man bringt nun die Gasuhr p in Thätigkeit.

Fig. 6.



Es ist dies eine kleine Quecksilberluftpumpe mit sanduhrähnlicher Einrichtung. Man dreht sie so, daß das Quecksilber sich oben befindet, öffnet die Hähne 1 und 4 und schließt 2 und 3. Das Argon wird aus h durch i in das Rohr l mit Bimsstein und Schwefelsäure und das Rohr m mit Phosphorpentoxyd (welches horizontal liegt), dann weiter durch n und das mit Bleichromat beschickte und erhitzte Rohr o in den oberen Theil von p gesaugt, während aus dem unterm Theile von p in der Richtung q e f neue Luft nach h gelangt. Jetzt beginnt die Saugwirkung in h von neuem. Läßt sie nach, so dreht man p wieder um und treibt jetzt bei offenen Hähnen 2, 3 und geschlossenen Hähnen 1, 4 das Argon aus dem nunmehr unten befindlichen Theilen von p in den Kreisstrom zurück. Es durchläuft die Röhre q, den Sammelbehälter r und die Funkenstrecke s und gelangt durch e, gemischt mit Luft von a wieder nach f. Sollte das Quecksilber in p nicht recht ablaufen wollen, so läge eine Verstopfung in h vor, dadurch veranlaßt, daß das gebildete Magnesiumnitrid einen größeren Raum einnimmt, als das metallische Magnesium. Man dreht dann den Rührer k, bis die Gasuhr wieder zu fungiren beginnt. Zum Schlusse läßt die Gasaufnahme überhaupt nach. Man verbindet dann a mit einem Luftgasometer und drückt einige Zeit Luft durch den Apparat, bis das Manometer t dauernd einen kleinen Ueberdruck anzeigt. Nunmehr wird a verschlossen und nur noch das im Kreislauf befindliche Gas längere Zeit in Bewegung erhalten, wobei man öfter in s das Funkenspectrum betrachtet, bis dasselbe fast keine Stickstofflinien mehr zeigt. Jetzt wird auch n in Thätigkeit gesetzt. Die Rohre n o sind nahtlos aus Eisen gefertigt, je 185 mm lang bei 15 mm lichter Weite, und durch ein dünnes, aber starkwandiges Kupferrohr mit einander verbunden, an den freien Enden mit Verschraubungen aus Rothguß versehen. Das mit Bleichromat beschickte Rohr o wird schon zu Beginn der Thätigkeit des Apparates erhitzt; es werden hierin Spuren von Wasserstoff oder Ammoniak, die beim Ueberleiten der Gase über Magnesium und Magnesiumnitrid entstehen, durch Oxydation beseitigt. Das Rohr n ist mit Lithium gefüllt, und wird erst jetzt erhitzt, wo das gegen s gerichtete Spectroskop fast reines Argon anzeigt; das glühende Lithium bindet die letzten Spuren von Stickstoff außerordentlich schnell. Es füllt sich nun r mit reinem Argon, welches man durch Schließen der Hähne 5 und 6 hierin zurückhalten und aufbewahren

kann. Nach Ausschaltung von r drückt man den Rest des im Apparat enthaltenen Argons durch Kohlensäure in ein mit Kalilauge gefülltes, in der mit Kalilauge gefüllten Wanne umgekehrt aufgestelltes Gefäß und benutzt dieses weniger reine Argon bei einer neuen Operation, indem man es durch a in den Apparat einleitet. Die Funkenstrecke s besitzt zwei einander sehr nahe gerückte Aluminiumdrähte als Elektroden. Dem Funkenröhrchen parallel wird als Condensator eine Batterie von sechs Leydener Flaschen eingeschaltet; man läßt den aus 4 Accumulatoren gelieferten Strom durch einen Inductor nach den Polen gelangen. Sobald sich Argon in s befindet, wird der Funke weißleuchtend und stark glänzend; im Spectroskop zeigt sich das Argonspectrum.

Als mittlere Dichte des Argons ergiebt sich aus den Versuchen von Rayleigh und Ramsay, von Dorn und Erdmann, sowie von Dittenberger für H = 1 die Zahl 19·85. Wie schon erwähnt (Jahrb. 31. 1895 S. 250, 255 u. f. — 33. 1897 S. 266 u. f.), soll das Argon einatomige Moleküle besitzen; da nun das Molekulargewicht gleich der doppelten auf H bezogenen Gasdichte ist, und bei einatomigen Gasen Molekular- und Atomgewicht gleich groß sind, so würde letzteres $2 \times 19·85 = 39·7$ sein müssen. Zu ähnlichen Zahlen gelangt man auch aus der specifischen Wärme bei constantem Drucke, die nach Dittenberger 0·123 ist, und aus dem Verhältnisse der specifischen Wärmen bei constantem Druck und constantem Volumen, das nach Dorn sich aus der in geräumigen Röhren bestimmten Schallgeschwindigkeit in Argon zu 1·67 berechnet. Trotzdem glaubt H. Wilde, für Argon ein Atomgewicht gleich 21 annehmen zu müssen.[1]) Obwohl das Argon keinem andren Elemente in seinen Eigenschaften so nahe steht, wie dem Stickstoff, läßt es sich doch nicht aus diesem darstellen oder in ihn umwandeln, so daß man es für ein Element erklären muß. Gegenüber der Annahme, Argon sei N_3, welche Dennstedt durch ein Formelbild mit centrischer Bindung zu erkären sucht (Jahrb. 33. 1897 S. 267), ist S. Jacobi der Ansicht, daß eine solche Bindung den sonst gültigen Gesetzen über Atomverkettung widersprechen würde; er schlägt die Formel N_6 mit der Constitution

$$\begin{matrix} N \\ \| \\ N \end{matrix} \!\!> N - N <\!\! \begin{matrix} N \\ \| \\ N \end{matrix}$$

1) Compt. Rend. 125. 1897. p. 649.

vor und glaubt, wie sich Stickstoffwasserstoffsäure HN_3 aus Natriumamid und Stickoxydul gewinnen lasse, wäre Argon wohl durch Wechselwirkung zwischen freiem Hydrazin und Stickoxydul zu erhalten.[1] Letzterer Meinung tritt C. A. L. de Bruyn, der zuerst freies Hydrazin erhalten hat, mit guten Gründen entgegen.

Nach Berthelot entstehen Verbindungen des Argons, wenn man dieses bei Gegenwart von Benzol oder Schwefelkohlenstoff über Quecksilber der Einwirkung elektrischer Entladungen aussetzt.[2] Das Argon wird vom Benzol langsam absorbirt und nach etwa zehn Stunden tritt ein grüner Schein in der Röhre auf, der auch bei Tage zu beobachten ist. Es ist eine flüchtige Argonverbindung mit Kohlenstoff, Wasserstoff (bezw. Schwefel) und Quecksilber entstanden, die nunmehr unverändert bleibt (vergl. Jahrb. 31. 1895 S. 252, 370. — 33. 1897 S. 265). Nach Erdmann beruhen jedoch diese, wie andere Mittheilungen über Argonverbindungen auf Irrthum; es würde also Argon ein chemisch völlig indifferenter Körper sein. Ueber das Spectrum des Argons, das somit die eigentlich characteristische Indentificirung des Argons nach wie vor bilden muß, macht Erdmann die folgenden, durch vorzügliche Farbendrucke erläuterten Angaben. Bei sehr starker Verdünnung des Gases (unter 1 mm Druck) zeigt sich das blaue Spectrum mit etwa 16 besonders characteristischen Linien, von denen zwei im Roth, vier im Grün, die übrigen in Blau und Violett liegen. Der elektrische Strom muß hierbei starke Spannung besitzen. Vermindert man letztere und erhöht den Druck des Gases auf etwa 3 mm, so bekommt man das rothe Spectrum mit 21 Linien, von denen 8 auf Grün, 6 auf Violett und 7 auf Roth und Orange kommen. Bei starker Stromintensität und wachsendem Drucke ändert sich die Helligkeit der Linien und bei 100 bis 200 mm Druck erhält man das Dorn'sche Spectrum, das man auch das grüne nennt und welches besonders linienreich ist. Alle drei Spectra haben nur zwei verhältnißmäßig schwache Linien im Roth ($\lambda = 707$ und $\lambda = 696$) gemeinsam, während die übrigen Linien der drei Spectra wohl oft einander sehr nahe liegen, aber nicht coincidiren. Die Linie $\lambda = 707$ findet sich

1) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 20. 63.
2) Compt. Rend. 124. 1897. p. 113.

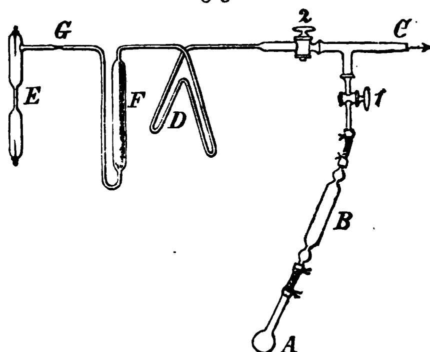
auch ganz schwach im Heliumspectrum; es muß also wohl eine Spur von Helium im Argon vorhanden sein.

Helium. Das Helium hat bekanntlich seinen Namen davon erhalten, daß man dieses Element in der Gashülle des Sonnenballes auffand. Die Sonnenprotuberanzen geben ein Spectrum, in welchem eine gelbe Linie auftritt, die nicht mit der Natriumlinie identisch ist, überhaupt sich lange Zeit im Spectrum keines irdischen Stoffes nachweisen ließ, bis man neuerdings das Helium auch auf der Erde aufgefunden hat. Das Vorkommen des Heliums ist hauptsächlich an gewisse Mineralien gebunden; doch findet sich dieses Element auch in manchen Quellgasen und endlich in sehr geringen Mengen in der atmosphärischen Luft. Die heliumhaltigen Stoffe stammen vorwiegend aus Skandinavien und enthalten gewöhnlich seltne Erden oder andere Verbindungen seltner Metalle (Uran, Thor, Yttrium, Titan, Tantal, Niob u. s. w.). Nach M. W. Travers ist anzunehmen, daß das Helium in diesen Mineralien in gebundener Form vorhanden ist.[1]) Bei der Entbindung des Heliums macht sich oft starke Hitzeentwicklung und Abnahme der Dichte bemerklich. Das zumeist zur Heliumdarstellung benutzte Mineral ist der Cleveït (vergl. Jahrb. 31. 1895 S. 258). Beim Erhitzen auf 240 ^{0} entwickelt derselbe nur sehr langsam, bei 450 ^{0} etwas lebhafter, von der hellen Rothglut ab aber sehr schnell ein heliumhaltiges Gas. Doch gelingt es durch bloses Erhitzen nie, den Cleveït heliumfrei zu machen. Vielmehr ist dies nur erreichbar, wenn man ihn im luftleeren Raume durch 30 procentige Schwefelsäure zersetzt. Wahrscheinlich befindet sich das Helium in einer Verbindung XHe_2, die beim Erhitzen nur bis XHe zersetzt wird, beim Uebergießen mit Schwefelsäure aber unter Abgabe des gesamten Heliums zerfällt. Neben diesem Gase entwickelt sich stets auch Wasserstoff. J. Thomsen hat eine Art Yttrocerit untersucht, die dem Kryolith von Ivigtut in Südgrönland entstammt und wesentlich aus Fluorcalcium mit geringen Mengen der Fluoride von Cer, Yttrium und ähnlichen Elementen besteht.[2]) Wurde das feine Pulver dieses Minerals in eine schwach glühende Platinschale gestreut, so erglühte es plötzlich in allen seinen Theilchen in goldfarbenem Lichte.

1) Chem. News 78. 1898 p. 305, 317.
2) Ztschft. f. physik. Chemie 25. 1898 S. 112.

Das einmal ausgeglühte Pulver zeigte diese Erscheinung nie zum zweiten Male. Da sie auch im luftleeren Raum eintrat, lag offenbar keine Verbrennung vor. Dagegen bemerkt man im Vacuum eine Gasentwicklung, und das Gas bestand aus Kohlenstoffverbindungen gemischt mit etwas Helium. Es ließ sich hieraus reines Helium gewinnen, so daß die Glüherscheinung also offenbar der Zersetzung endothermischer Heliumverbindungen zuzuschreiben ist. — Helium ist in den Quellgasen von Bath enthalten (in 1000 Vol. Gas etwa 1·2 Vol. He) und kann nach Dewar daraus leicht gewonnen werden, weil es ebenso schwer condensirbar wie Wasserstoff, im flüssigen Stickstoff aber weniger löslich ist.[1]) Die Gegenwart von Helium in der atmosphärischen Luft hat W. Crookes spectralanalytisch nachgewiesen, indem er diejenigen Antheile auffing, die zuerst aus flüssiger Luft abdunsteten, also offenbar den flüchtigsten Bestandtheile der Luft entsprachen, während E. C. C. Baly in dem aus Luft gewonnenen Neon (s. später) spectroskopisch die Gegenwart von Helium entdekte und also sein Vorhandensein in Luft indirect bewies. — Bemerkt sei, daß Nasini, Anderlini und Salvadori bei ihren, oben schon angeführten Untersuchungen der italienischen unterirdischen Gasausströmungen (siehe Seite 296) ebenfalls theilweise Helium vorfanden, so z. B. in den Soffionen von Larderello etwa 1 % He, so daß diese als die ergiebigsten Heliumquellen bezeichnet werden müssen.

Fig. 7.



Ueber die beste Art der Darstellung von Helium aus

1) Chem. Centralbl. 1898¹ S. 175.
2) Chem. News 78. 1898 p. 198. — Nature 58. 1898 p. 545, 570.

Cleveït macht H. Erdmann die folgenden Angaben (vergl. Fig. 7, die nur schematisch gemeint ist).[1] Das Mineral ist zunächst zu pulvern und dann an der Luft oder im Vacuum soweit zu erhitzen, daß minder festgebundene Gase, wie Wasser, Kohlenoxyd u. s. w., ausgetrieben werden. Hierauf mischt man das wieder erkaltete Pulver mit dem gleichen Gewicht an geschmolzenem und gepulverten Kaliumbichromat und füllt das Gemisch in die aus schwer schmelzbarem Glase gefertigte kleine Birne A. Dieselbe ist durch einen Gummischlauch mit dem Rohre B verbunden, das Natronkalk und Phosphorpentoxyd enthält. Alle Schlauchverbindungen des Apparats müssen in ihrer ganzen, auf dem Glase sitzenden Länge mit Gummifäden umwickelt sein, damit absolute Luftdichtheit erzielt werde. Man öffnet den Hahn 1 und setzt die an das Rohrende C angeschlossene Quecksilberluftpumpe in Thätigkeit, bis A und B sammt den Rohrverbindungen völlig evacuirt sind. Nunmehr wird Hahn 2 geöffnet und auch der übrige Theil des Apparats luftleer gepumpt. In diesem Theile des Apparats sind alle Schlauchverbindungen vermieden und durch Anschmelzung oder Glasschliffe ersetzt. Damit aber hierdurch der Apparat nicht alle Beweglichkeit verliert, ist eine Kundt'sche Glasfeder D in die Rohrleitung eingebogen, die das genaue Einstellen des Plückerrohrs E auf den Spalt des Spectroskops ermöglicht, da sie eine ziemliche Biegsamkeit besitzt. In dieses Plückerrohr sind Aluminiumdrähte eingeschmolzen, zu denen der vom Inductor herkommende Strom geleitet wird. Entsteht in E reichlich grünes Kathodenlicht, welches das ganze Rohr erfüllt, so ist die gewünschte Luftleere erzielt und man schließt hinter C die Luftpumpe ab. Die Glasbirne A wird jetzt mit einem Spirituslämpchen erhitzt. Durch das Kaliumbichromat werden Wasserstoff und Kohlenstoff, die etwa noch vorhanden waren, oxydirt, die Verbrennungsproducte Wasser und Kohlensäure in B gebunden. Das Gas geht durch 1, 2 und D nach dem Trockenrohre F, welches mit einem Gemisch aus Phosphorpentoxyd und echtem Schaumgold gefüllt ist; letzteres soll von der Pumpe herrührende Quecksilberdämpfe durch Amalgambildung zurückhalten, die sonst das Gelingen des Versuchs in Frage stellen würden. Wenn E sich mit Helium füllt, so verschwindet das grüne Kathodenlicht und ein angenehmes rosa-

1) Lehrb. d. anorg. Chemie 1898 S. 227.

gelbliches Licht tritt auf. Nun muß forgesetzt das Spectroskop benutzt werden, um festzustellen, wenn das reine Heliumspectrum mit voller Intensität erzielt ist. Dann schmilzt man bei G das Plückerrohr zu. Um das Heliumspectrum hell zu zeigen, genügt ein Druck von 1 bis 3 mm Quecksilber; die hellste (gelbe) Heliumlinie ist noch bei viel kleinerem Drucke zu bemerken. Sollte man A unvorsichtig erhitzt haben, so können sich dem Helium (aus $K_2Cr_2O_7$ stammend) kleine Mengen Sauerstoff beimischen; die einzige deutliche Sauerstofflinie in Roth ist aber unter den angegebenen Umständen so schwach, daß sie die Beobachtung des Heliumspectrums kaum erschwert.

Des Spectrum des Heliums ist sehr klar und scharf, frei von Banden und verwaschenen Streifen; es treten 2 rothe, eine gelbe, eine grüne, zwei blaue und eine violette Linie auf, und zwar ist die gelbe so glänzend, daß sie stets gesehen wird. Sie liegt neben der Natriumlinie, etwas nach dem violetten Ende des Spectrums zu. Es bedarf eines ziemlich starken Natriumlichts, wenn man die Natriumlinie neben der gelben Linie des Heliums soll wahrnehmen können. Wie schon erwähnt, hatten Runge und Paschen gefunden, daß sich das Heliumspectrum in zweimal drei Serien zerlegen läßt, die zwei verschiedenen Elementen zugerechnet werden müßten (Jahrb. 33. 1897 S. 269). Die Scheidung der beiden Gase durch Diffusion gelang aber nicht. Auch A. Hagenbach hat mit den Cleveïtgasen ähnliche Versuche angestellt, ohne mehr als eine theilweise Trennung zu erreichen.[1]) Da immer zuerst die Linie D_3 auftrat, glaubt Hagenbach diese dem leichteren Antheile ($D = 2{\cdot}032$) zusprechen zu müssen. Der schwerere Antheil besaß das specifische Gewicht 2·576; doch schienen die Dichten je nach dem Minerale sich zu verändern, aus dem sie gewonnen wurden. — Das Atomgewicht des Heliums glaubt H. Wilde zu 2 annehmen zu müssen[2]), während man gewöhnlich das Helium für einatomig ansieht, seine Dichte bezogen auf Luft mit 0·14 angiebt und sein Molekular- und Atomgewicht zu 4 setzt. Nach Untersuchungen von W. Ramsay und M. W. Travers war aus dem Helium durch Diffusion ein gewisser Betrag Argon auszuscheiden; eine weitere Scheidung des

---

1) Ann. Phys. Chem, (N. F.) 60 1097 S. 124.
2) Compt. Rend. 125. 1897 p. 649.

so gereinigten Heliums war jedoch nicht möglich.[1]) Die Dichte desselben ergab sich zu 1·98 bezogen auf Wasserstoff. Wäre also dieses Helium noch ein Gemisch, so müßte es aus Gasen von fast derselben Dichte bestehen.

Verbindungen des Heliums glaubt Berthelot erhalten zu haben, indem er Helium über Benzol oder Schwefelkohlenstoff bei Gegenwart von Quecksilber der Einwirkung des elektrischen Funkens aussetzte.[2]) Besonders gut gelang die Arbeit bei Benzol. Nach etwa 11 Stunden trat eine, bei vollem Tageslichte sichtbare, orangene Luminiscenz auf, die einer flüchtigen Helium-Quecksilber-Kohlenwasserstoffverbindung zu verdanken sein soll. Aus dieser Verbindung ließ sich das Helium wieder abscheiden. Daß Heliumverbindungen sogar in der Natur vorkommen, ist ja schon oben gesagt; wahrscheinlich ist zur Bildung solcher Verbindungen eine sehr hohe Temperatur nöthig.

Wie schon gemeldet, glaubt J. Dewar, auch das Helium verflüssigt zu haben (Jahrb. 34. 1898 S. 239). Er tauchte eine mit Helium gefüllte Glasröhre in flüssigen Wasserstoff, wobei sich das Helium verflüssigte, während der Versuch in flüssiger Luft nicht gelang.[3]) Damit wäre Olszewski's Annahme, Helium sei ein völlig permanentes Gas allerdings widerlegt, doch wären weitere Bestätigungen in Bezug auf die Condensirbarkeit des Heliums immerhin erwünscht.

Krypton. Wenn man flüssige Luft langsam verdunsten läßt, so entweichen die verschieden flüchtigen Bestandtheile der Luft nach Art der fractionirten Destillation, also von den beiden Hauptbestandtheilen zuerst der Stickstoff, dann erst der Sauerstoff. W. Ramsay und M. W. Travers arbeiteten in dieser Weise mit 750 ccm flüssiger Luft und behielten schließlich 10 ccm Flüssigkeit übrig, deren Dämpfe sie gesondert auffingen.[4]) Aus dem erhaltenen Gase wurde der Sauerstoff durch glühendes Kupfer, der Stickstoff durch ein erhitztes Gemisch aus Kalk und Magnesiumstaub beseitigt. Es hinterblieben noch 26·2 ccm Gas, die

---

1) Chem. News 77. 1898 p. 61.
2) Compt. Rend. 124. 1897 p. 113.
3) Zeitschrft. f. angew. Chemie 1898 S. 591. — Chem. Ztg. 22. 1898 S. 433.
4) Chem. News 77. 1898 p. 270, 287. — Chem. Ztg. 22. 1898 S. 473.

mit Sauerstoff gemischt über Natronlauge elektrischen Entladungen ausgesetzt wurden. Es war bei spectroskopischer Betrachtnng des Rückstands merkwürdiger Weise nur ein schwaches Argonspectrum, dagegen deutlich ein bisher unbekanntes Spectrum zu beobachten, welches zwei sehr glänzende gelbe Linien und eine grüne Linie aufweist, die an Helligkeit der des Heliums gleich kommt. Die eine gelbe Linie fällt fast mit D_3 zusammen und hat die Wellenlänge 5875·9, die grüne dagegen die Wellenlänge 5566·3. Außerdem ist noch eine zweite Linie in Grün vorhanden. Die Dichte des Gases ergab sich für O = 16 zu 22·47 bis 22·51. Aus der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls in dem neuen Gase folgt, daß es einatomig, also ein Element sein muß, welches den Namen Krypton (das Verborgene) und das Symbol Kr erhalten soll. Das Gas ist schwerer als Argon, hat ein characteristisches Spectrum und ist aus flüssigem Zustande minder flüchtig als Stickstoff, Sauerstoff und Argon. Die Dichtebestimmung soll jedoch nur das Minimum angeben; in Wahrheit soll das specifische Gewicht wahrscheinlich 40 und das Atomgewicht 80 sein. Berthelot macht darauf aufmerksam, daß die grüne Linie des Kryptons zusammenfalle mit der glänzenden Linie Nr. 4 des Nordlichts (Wellenlänge 5567), weshalb er als bezeichnenderen (?) Namen für das Element Eosium vorschlägt.[1]) Die Menge des Kryptons in der Luft soll etwa 1:20000 betragen. — Des weiteren haben Ramsay und Travers achtzehn Liter Argon verflüssigt und dann der fractionirten Verdunstung überlassen.[2]) In der letzten Fraction war neben Metargon und Xenon auch Krypton enthalteu. — H. Moissan und H. Deslandres machen darauf aufmerksam, daß sie bereits am 11. Mai 1896 bei der Academie der Wissenschaften in Paris ein Schriftstück hinterlegt haben, in welchen sie von neuen Gasen in der Luft berichten.[3]) Sie hatten die beim Erhitzen von Cerit im luftleeren Raume entweichenden Gase vom Stickstoff völlig befreit und das Spectrum des Rückstands bei stark verdünntem Zustande untersucht. Immer noch trat sehr deutlich das Spectrum des Stickstoffs auf; doch fanden sich auch Linien des Heliums, Argons und eines

1) Compt. Rend. 126. 1898 p. 1613.
2) Chem. News 78. 1898 p. 154.
3) Compt. Rend. 126. 1898 p. 1689. — Chem. Ztg. 22. 1898 S. 526.

neuen Gases. Die Linien des letzteren waren auch in der Luft nachzuweisen, sobald mau ihren Druck auf weniger als 1 mm brachte. Moissan glaubt indessen, daß dieses neue Gas nicht Krypton sei.

Neon. Schon früher wurden von W. Ramsay und J. N. Collie Versuche angestellt, das Argon durch Diffusion in ein leichteres und in ein schwereres Gas zu trennen (Jahrb. 33. 1897 S. 268), und diese Versuche sind auch von anderer Seite widerholt worden. Es ergaben sich nur außerordentlich geringe Unterschiede in den Dichten des diffundirten und nicht diffundirten Gases. Neuerdings haben, wie schon oben erwähnt wurde, W. Ramsay und M. W. Travers mit flüssigem Argon gearbeitet, das aus 18 Liter des Gases gewonnen worden war.[1]) Bei der Verflüssigung des Argons hinterblieb ein gasförmiger Rückstand, dessen Spectrum sich durch eine Anzahl glänzender rother Linien auszeichnete; auch eine gelbe Linie war vorhanden, die nicht mit den gelben Linien von Natrium, Helium oder Krypton zusammenfiel. Die Dichte dieses nicht condensirbaren Gases wurde zu 15 bis 17 für O = 16 ermittelt. Aber bei erneuter Abkühlung des Gases gelang auch seine Verflüssigung, und bei fractionirter Verdunstung und chemischer Reinigung des flüchtigsten Antheils sank die Dichte auf 9·76. Jetzt ließ sich das Gas durch unter 10 mm siedende Luft nur verflüssigen, wenn man gleichzeitig seinen Druck auf 2 Atmosphären brachte. Dieses Gas wurde Neon getauft. Es war offenbar noch nicht ganz rein, so daß seine vermuthliche Dichte bezogen auf O = 16 wohl bei 9·6 liegen dürfte. Das Gas ist einatomig, also ein Element, dessen Atomgewicht etwa 19·2 sein würde. Es besitzt eine viel niedrigere Refraction als Argon. 1 Theil Neon würde in etwa 40 000 Theilen Luft vorhanden sein. Die Wellenkänge der gelben Linie D_5 beträgt 5849·6 — W. Crookes hat in dem Helium, welches aus den Gasen der Quellen von Bath isolirt wurde, die Linien des Neons aufgefunden.[2]) E. C. C. Baly hat umgekehrt im Spectrum des Neons sechs Linien des Heliums nachgewiesen, was Ramsay und Travers veranlaßte, die Dichte des Neons etwas höher als 9·6 zu setzen.[3]) Doch soll das Atomgewicht des Neons seine Stellung

1) Chem. News 77. 1898 p. 295. — 78. 1898 p. 1, 154, 246.
2) Ebendas. 78. 1898 p. 198.
3) Nature 58. 1898 p. 545, 570.

zwischen F = 19 und Na = 23 sichern. — W. Sedgwick fühlt sich veranlaßt, darauf hinzuweisen, daß er bereits 1890 die Existenz eines solchen Elements mit der Werthigkeit Null vorausgesagt habe, dessen Atomgewicht etwa 20 sein müsse; dieses Element sei offenbar das Neon.[1])

Metargon. Als Ramsay und Travers, wie schon wiederholt erwähnt, 18 Liter Argon verflüssigt hatten, zeigten sich in der farblosen Flüssigkeit feste eisartige Ausscheidungen. Dieselben wurden isolirt und vergast. Das Gas besaß fast die Dichte des Argons, aber ein ganz anderes Spectrum, und wurde mit dem Namen Metargon belegt. Es mußte fast das Atomgewicht des Argons besitzen, so daß diese beiden Elemente in genannter Beziehung an Nickel und Kobalt erinnern würden. Das Spectrum des Metargons erinnert an das des Kohlenoxyds; doch läßt sich das Metargon bei Gegenwart von Sauerstoff und Absperrung über Kalilauge durch den elektrischen Funken nicht verändern, während CO hierbei in CO_2 übergehen und letzteres sich mit dem Kali verbinden, also verschwinden müßte. Die Dichte des Metargons (O = 16) wurde zu 19·87 und die des Argons zu 19·84 bestimmt.

An der Existenz des Metargons wie des Kryptons sind sofort Zweifel laut geworden. J. Dewar hat bei Verflüssigung von 250 ccm Argon, die er von Lord Rayleigh erhalten hatte, keine Spur von fester Ausscheidung entdecken können, und diese hätte bei Gegenwart von Metargon doch eintreten müssen[2]). A. Schuster macht auf die große Aehnlichkeit aufmerksam, die zwischen den Spectren von Metargon und Kohlenstoff besteht; einzelne Banden des Metargons fallen auch fast zusammen mit solchen des Cyanspectrums[3]). Ramsay, Travers und Baly geben diese Aehnlichkeit zu, weisen aber auf die schon angeführte Unveränderlichkeit des Metargons gegen Sauerstoff bei elektrischer Entladung hin; ferner darauf, daß Mischungen von Metargon und Sauerstoff in der elektrischen Vacuumröhre kein völliges Kohlenoxydspectrum liefern. Auch erleidet Metargon keine Veränderung seines Spectrums, wenn man die Stromspannung bis zur Schmelzung der Aluminiumdrähte steigert, während bei Helium und Argon

1) Chem. News 78. 1898 p. 293.
2) Ebendas. p. 70.
3) Nature 58. 1898 p. 199, 245, 269, 319.

die sog. Kohlenstoffbanden aus dem Spectrum in diesem Falle verschwinden. Schuster bleibt trotzdem bei seiner Meinung, Metargon sei eine Kohlenstoffverbindung des Argons oder eines unbekannten Elements, gemischt mit freiem Argon. J. R. Rydberg weist darauf hin, daß die Substanz, welche die Acetylenbanden zugleich mit deu Cyanbanden im Spectrum aufweist, bisher gefunden worden ist: im Absorptionsspectrum der Sonne, im Emissionsspectrum der höchsten Protuberanzen, in allen Kometenspectren, in den Gasen der Meteoriten und nunmehr auch in der irdischen Atmosphäre. Er nimmt an, daß dieser Stoff einer interplanetarischen Atmosphäre angehöre.

Xenon. Ueber dieses Gas liegt nur eine einzige Mittheilung von W. Ramsay und M. W. Travers vor[1]). In der letzten Fraction, welche man bei allmählicher Verdunstung von flüssigem Argon erhält, sind Krypton, Metargon und als schwerstflüchtiger Bestandtheil Xenon enthalten. Das Xenon bleibt flüssig zurück, wenn die anderen beiden Gase bereits verdampft sind. Das Spectrum des Gases ist argonähnlich, aber mit abweichender Linienstellung. Bei gewöhnlicher Funkenentladung weist es drei Linien in Roth und fünf sehr glänzende Linien in Blau auf. Die letzteren verschwinden bei starker Spannung, worauf vier glänzende Linien in Grün auftauchen.

Coronium. Wie schon erwähnt, haben sich R. Nasini, F. Anderlini und R. Salvadori seit einiger Zeit mit Untersuchung der Gase beschäftigt, die an verschiedenen Stellen Italiens der Erde entströmen. In den Gasen der großen Solfatara di Pozzuoli (Campi Flegrei) wurde Argon gefunden, dessen Spectrum jedoch auch eine Linie mit der Wellenlänge 531·5 oder 531·6 aufwies[2]). Dieselbe würde identisch sein mit der Linie 1474 K der Corona, die man dem unbekannten Elemente Coronium zuschreibt. Dieses Element müßte specifisch leichter sein als Wasserstoff. Seine Linie ist bisher noch nie im Spectrum irdischer Stoffe beobachtet worden; man darf daher mit Spannung den weiteren Untersuchungsergebnissen entgegen stehen.

Aetherion. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen über die Wärmeleitungsfähigkeit von Gasen unter verschiedenem Drucke

1) Chem. News 78. 1898 p. 154.
2) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 579. — Nature 58. 1898 p. 269.

drückte C. F. Brush graphisch aus und gelangte dazu bei Luft unter sehr niedrigem Drucke unter gewissen Bedingungen zu Linien, die auf keines der bekannten Gase der Luft passen wollten [1]). Brush nimmt daher ein neues Gas an, welches er Aetherion nennt, und dessen Haupteigenthümlichkeit in einem außerordentlich hohen Wärmeleitungsvermögen bei niedrigem Drucke besteht; der Druck, bei dem dies festgestellt wurde, lag unter ein Fünfzigmilliontel Atmosphäre. Brush beobachtete ferner, daß stark evacuirte Glasapparate (aus bleihaltigem Glase) beim Erhitzen ein Gas abgeben, erst schnell, dann langsamer. Bei plötzlicher Abkühlung fand umgekehrt Gasabsorption statt, aber nicht ganz in gleichem Betrage. Fein gepulvertes Glas erlitt beim Erhitzen im Vacuum plötzlich eine Aenderung des Aussehens, wahrscheinlich weil Blei durch in der Hitze entwickelten Wasserstoff reducirt worden war. Dieser Wasserstoff mußte aber der Atmosphäre entstammen und diese ihn also als normalen Bestandtheil enthalten. Der Versuch wurde mit bleifreiem gepulvertem Natronglas wiederholt und die Wärmeleitungsfähigkeit der bei der Evacuirung hinterbleibenden gasförmigen Rückstände mehrfach geprüft. Bei 36 Einmilliontel Atmosphärendruck trat eine ganz plötzliche Steigerung der Wärmeleitungsfähigkeit ein, und bei 0·38 Einmilliontel Atmosphäre war dieselbe 27 mal so groß als bei Wasserstoff. Es war offenbar ein neues Gas vorhanden, wohl noch gemischt mit den letzten Resten von Luft, und dieses Gas mußte dem Glaspulver entstammen. Wurde das Glas lange Zeit mäßig erhitzt, so konnte direct bewiesen werden, daß es etwas Luft, viel Kohlensäure und Wasserstoff, etwas Kohlenoxyd und etwas mehr Aetherion abgab. Bei der Abkühlung fand eine auswählende Absorption statt, indem fast nur Wasserstoff und Aetherion aufgenommen wurden. Brachte man völlig von den Gasen befreites Glaspulver wieder in Luft, so gab es bei erneuter Erhitzung im Vacuum auch wieder Aetherion ab, so daß letzteres unbedingt der Luft entstammen muß. Brush nimmt an, daß das Aetherion specifisch viel leichter als Luft sein müsse; er hat daher auch bereits versucht, das Aetherion durch Diffussion aus Luft zu isoliren, ohne jedoch bis jetzt vollkommenen Erfolg erzielt zu haben. Immerhin wurde

1) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 923, 1047. — Chem. News 78. 1898 p. 197. 221, 277.

ein Gas gewonnen, das bei 0·12 Einmilliontel Atmosphärendruck die Wärme 42 mal besser als Wasserstoff und 100 mal besser als Luft leitete. Das Molekulargewicht des Gases schätzt Brush zu 0·002 und die Dichte zu 0·0001, die relative specifische Wärme zu 6000 und die relative Molekulargeschwindigkeit zu 100. Die molekulare Geschwindigkeit des Aetherions berechnet sich hieraus zu fast 170 km pro Secunde. Ist Aetherion in der Luft, so muß es in Folge dessen sich weit über die Erdatmosphäre hinaus verbreiten und seiner niedrigen Dichte wegen den Weltenraum ohne merkliche Druckabnahme erfüllen. Brush glaubt, Aetherion bestehe aus verschiedenen Gasen, die alle bedeutend leichter als Wasserstoff seien.

Gegenüber diesen wahrhaft überraschenden Mittheilungen steht die allerdings ziemlich nüchterne Erklärung von W. Crookes und einigen anderen Männern der Naturwissenschaft, das Aetherion sei nichts anderes als Wasserdampf[1]). Crookes weist besonders auf die von Brush gemachte Angabe hin, daß Aetherion durch Glaspulver, Phosphorpentoxyd oder Natronkalk absorbirt werde, eine Beobachtung, die allerdings auf Wasserdampf gut, schwerlich aber auf ein Gas passen würde, das außerordentlich viel leichter als Wasserstoff sein soll.

Schlußbemerkung. Von den zahlreichen Gasen, die man in der Luft entdeckt haben will, dürften wohl nur Argon und Helium, sowie allenfalls Neon als sicher nachgewiesen gelten. Ueber ihre Stellung im natürlichen Systeme ist viel speculirt worden; es sei nur auf die betreffenden Mittheilungen von Crookes verwiesen[2]). Solange man indessen über die elementare Natur dieser Gase und, diese zugegeben, über ihre Atomgewichte und Eigenschaften noch so im Unklaren ist, wie zur Zeit, haben derartige Aufstellungen keinen wissenschaftlichen Werth, und wir können auf ihre Wiedergabe vorläufig verzichten. Ueberhaupt bleibt mit Bezug auf die neuen Gase, von denen wir hier berichtet haben, noch sehr viel Wichtiges künftigen Untersuchungen vorbehalten. Eins lehrt uns aber das schon Bekannte: daß wir mit unseren heutigen Kenntnissen von der chemischen Art der uns umgebenden Stoffe noch keineswegs „ins Innere der Natur“ gedrungen sind und

1) Chem. News 78. 1898 p. 221, 277.
2) Ebendas. p. 25.

daß uns die zukünftige Forschung noch viele Ueberraschungen bereiten dürfte, wie uns das ausgehende Jahrhundert zu ganz neuen Aufschlüssen über die Beschaffenheit der atmosphärischen Luft geführt hat.

Zink.

Nachdem im vorigen Jahrgange die Metallurgie des Zinks eine verhältnismäßig eingehende Besprechung gefunden hat, wenden wir uns diesmal zur Betrachtung der Eigenschaften von Zink und seinen Verbindungen.

Zink. Nach G. H. Williams und M. W. Burton krystallisirt das Zink verhältnismäßig leicht aus geschmolzenem Zustande, wenn man im luftleeren Raume arbeitet und bildet dann hexagonale Krystalle, wahrscheinlich von rhomboëdrischer Hemiëdrie.[1]) Cahours glaubt festgestellt zu haben, daß die Verdampfung des Ziuks bei 140° C beginnt[2]), während Becquerel und Violle als Siedepunkt 930° anführen (Jahrb. 21. 1885 S. 350).

Arsenfreies Zink erhält man nach P. Lohmann, wenn man reines Zinkoxyd durch Verschmelzen mit Cyankalium reducirt: $ZnO + KCN = KCNO + Zn$[3]). H. Lescoeur hält das Verschmelzen des Zinks mit Salpeter, die Methode von Selmi (Verschmelzen mit Salmiak) und von L'Hôte (Verschmelzen mit Magnesiumchlorid) für ungenügend, wenn es sich um Reindarstellung von Zink für toxikologische Zwecke handelt (vergl. Jahrb. 21. 1885 S. 351). Er schlägt daher vor, zunächst mit Salpeter und dann noch einmal mit Zinkchlorid zu verschmelzen[4]). Das letztere soll ein zweckmäßiger Ersatz für Chlormagnesium sein und nach der Gleichung $3ZnCl_2 + As_2 = 3Zn + AsCl_3$ das Arsen zur Verflüchtigung bringen. Bei der genannten Behandlungsweise wird das Metall frei von Arsen, Antimon, Schwefel und Phosphor. Zurück bleiben Eisen (theilweise), Blei und Kupfer, deren Gegenwart nicht schädlich ist, vielmehr die Zersetzung der verdünnten Säure durch das Zink begünstigt. Nach F. Mylius und O. Fromm enthielten 100 000

1) Chem. Centralbl. 1889² S. 242.
2) Oester. Ztschr. f. B. u. H. 31. 1883 S. 561.
3) Chem. Centralbl. 1889¹ S. 753.
4) Compt. Rend. 116. 1893 p. 58.

Gewth. reinstes Zink von Kahlbaum immer noch 5 Gewth. Blei, 16 Gewth. Kadmium und 1·4 Gewth. Eisen, sowie Spuren von Magnesium 1). Zur völligen Reinigung des Zinks wurde folgendermaaßen verfahren. Man löst 100 g Zink in verdünnter Salpetersäure, übersättigt mit Ammoniak und verdünnt auf 2 Liter, worauf man in kleinen Beträgen Schwefelammon zusetzt, bis endlich ein rein weißer Niederschlag entsteht. Nunmehr wird abfiltrirt und die ammoniakalische Zinknitratlösung zur Herstellung eines reinen Zinkoxyds verwendet. Dieses dient zur Bereitung einer reinen Zinkvitriollösung, welche man übrigens auch durch electrolytische Reinigung gewöhnlicher Zinkvitriollösungen erhalten kann. Zersetzt man nun die Zinksultatlösung durch den elektrischen Strom unter Abstumpfung der entstehenden Säure durch reines Zinkoxyd, so erhält man ein Zink, welches etwas Platin aus der Anode enthält und also weiter gereinigt werden müßte. Das reinste Zink bekommt man, wenn man Zink in basischer Zinksulfatlösung einer mehrfachen electrolytischen Reinigung unterwirft und den Zinkschwamm (der noch Mutterlauge, auch wohl kleine Metalloidmengen enthält) im Vacuum destillirt. Das Zink enthält dann keine chemisch nachweisbare Verunreinigungen mehr, wenn es solche auch noch spectroskopisch aufweist. Will man reines Zink durch Electrolyse von geschmolzenem Chlorzink gewinnen, so muß man nach H. S. Schultze 2) eine Lösung von reinem Chlorzink fast bis zur Trockne dampfen, in diesem Augenblicke aber reine Salzsäure in großem Ueberschusse zusetzen. Die Salzsäure verdrängt dann das Hydratwasser, welches sonst theilweise zurückgehalten wird; hydratisches Zinkchlorid läßt sich aber nicht gut elektrolysiren. Das elektrolytische Zink erstarrt aus flüssigem Zustande mit prächtig glänzenden, sechskantigen Krystallflächen.

Die Dampfdichte des Zinks ist von J. Mensching und V. Mayer in hier nicht weiter zu besprechender Weise ausgeführt worden und hat bei Verwendung eines Ofens, der längere Zeit eine constante Temperatur von etwa 1400° gab, keine besonderen Schwierigkeiten gemacht 3). Sie ergab sich zu 2·41, was darauf hindeutet, daß das Molekül des Zinkdampfs nur ein Atom

1) Ztschrft. f. anorg. Chemie 9. 1895 S. 144.
2) Ebendas. 20. 1899 S. 323.
3) Berl. Ber. 19. 1886 S. 3295.

enthält, denn für diese Annahme würde sich der Werth 2·25 berechnen. Die drei Metalle, welche man bisher erfolgreich auf ihre Dampfdichte untersucht hat (Quecksilber, Cadmium und Zink) sind also im Dampfzustande einatomig. — H. Biltz hat die Dampfdichte des Zinks bei etwa 1700° zu 2·64 (bez. auf Luft) bestimmt, eine Zahl, die immerhin noch darauf hindeutet, daß bei dieser Temperatur die Moleküle des Metalls größtentheils aus Atomen bestehen.[1])

Das Atomgewicht des Zinks haben Reynolds und W. Ramsay in der Weise zu ermitteln gesucht, daß sie Zink in Säure lösten und die Menge des entwickelten Wasserstoffs bestimmten.[2]) Natürlich waren bezüglich der Reinheit von Metall und Säure, wie Genauigkeit in Wägung und Messung die höchsten Anforderungen erfüllt. Es ergab sich Zn = 65·4787 ± 0·016135. — J. N. Morse und W. M. Burton verwandelten reines Zink (durch Destillation von reinem Zink der Fabrik von Schuchard erhalten) in Nitrat und zersetzten dieses durch allmähliches Erhitzen bis zu constantem Gewicht; sie konnten feststellen, daß ihr Zink spectroskopisch keine Fremdbestandtheile erkennen ließ und ebenso das Zinkoxyd chemisch rein war, auch selbst bei Stahlschmelzhitze keine Dissociation erlitt.[3]) Als Mittel ergab sich für O = 16 aus 15 Bestimmuugen der Werth Zn = 65·2693 (größte Schwankung 65·281 und 65·253). — J. W. Richards und E. F. Rogers glauben gefunden zu haben, daß eine auf Wägung des Zinkoxyds begründete Atomgewichtsbestimmung deswegen nicht einwandsfrei ist, weil das Zinkoxyd nicht selten Gase eingeschlossen enthält.[4]) Sie haben daher reines Zinkbromid analysirt, und fürs erste Zn = 65·404 für O = 16 oder Zn = 64·913 für O = 15·88 als Durchschnitt aus 2 Bestimmungen ermittelt. Es fragt sich nur, ob das Bromzink sich durch einfaches Schmelzen vollständig wird entwässern lassen. — J. N. Morse und H. B. Arbuckle haben die Bestimmung des Zinkatomgewichts durch Erhitzen des Zinknitrats bis zur vollstän-

1) Ztschrft. f. physik. Chemie 19. 1896 S. 385.
2) Chem. Ztg. 11. 1887 S. 721. — Chem. News 55. 1887 p. 268.
3) Chem. Ztg. 12. 1888 Rep. S. 205.
4) Ztschrft. f. anorg. Chemie 10. 1895 S. 1. — Chem. News 73. 1896 p. 226, 238, 250, 264.

digen Zersetzung in Stahlschmelzhitze wiederholt, das hinterbleibende Zinkoxyd aber in Schwefelsäure gelöst und die Menge der jetzt entweichenden Gase (Stickstoff und Sauerstoff) bestimmt.[1]) Wurden sie in Rechnung gebracht, so ergab sich für O = 16 der Werth Zn = 65·457. — Wir haben also in den letzten 16 Jahren die folgenden Werthe für das Atomgewicht des Zinks erhalten, sämmtlich für O = 16 berechnet:

Baubigny 1883	65·334	
Marignac 1884	65·33	
van der Plaats 1885	65·674	umgerechnet
Reynolds und Ramsay 1887	65·978	umgerechnet
Morse und Burton 1888	65·2693	
Richards und Rogers 1895	65·404	
Morse und Arbuckle 1898	65·457	

Man kann die Uebereinstimmung nicht sehr befriedigend finden. In der für praktischen Gebrauch empfohlenen Tabelle (Seite 230) ist Zn = 65·4 für richtig angenommen.

Ueber das Verhalten des Zinks gegen Wasser und Säuren liegen mehrere Arbeiten vor. L. L'Hôte stellte fest, daß reines Zink mit siedendem Wasser wie mit verdünnter Schwefelsäure keinen Wasserstoff entwickelte.[2]) Rührte man aber dieses Zink im geschmolzenen Zustande mit einem Eisenstabe um, so genügte die hierbei in das Metall gelangende Spur von Eisen, um nunmehr das Zink zur Zersetzung des siedenden Wassers wie der verdünnten Schwefelsäure geeignet zu machen. Ebenso wirken Spuren von Arsen und Antimon, wie denn alles im Handel befindliche Zink siedendes Wasser zersetzt. F. Pullinger fand, daß Zink, welches aus reinem Zink des Handels durch dreimalige Vacuumdestillation gewonnen worden war, ausgekochte verdünnte Schwefelsäure nicht angriff, wenn seine Oberfläche glatt war, dagegen die Säure zersetzte, wenn es rauhe Oberfläche besaß.[3]) Geringe Mengen Luft oder anderer oxydirender Reagentien in der Säure erhöhten die Wirkungsfähigkeit des Zinkes. Reducirende Agentien, mit Ausnahme der schwefelhaltigen, verhinderten die

1) Chem. Centralbl. 1898¹ S. 921.
2) Compt. Rend. 101. 1885 p. 1153.
3) Chem. Ztg. 14. 1890. Rep. S. 243.

Auflösung des Zinks. Pullinger glaubt, daß chemisch reine Schwefelsäure auf Zink ohne jede Einwirkung sei, gleichgültig wie die Oberfläche des Metalls beschaffen ist, und daß die mitunter beobachtete lösende Wirkung der absoluten Schwefelsäure vermuthlich auf einen Gehalt an Ueberschwefelsäure zurückzuführen sei. J. M. Werren glaubt, die Thatsache, daß reines Zink (oder andere chemisch reine Metalle) durch Säuren nicht oder nur schwach angegriffen werden, sei damit zu erklären, daß sich am Zink ein Ueberzug von verdichtetem Wasserstoff bilde; dieser verhindere dann die weitere Einwirkung der Säure.[1]) Im luftverdünnten Raum kann eine solche Gashülle schwerer entstehen, und thatsächlich wird hier das reine Zink reichlicher aufgelöst. Ebenso steigt die Löslichkeit des Zinks langsam von 0 bis 98 und dann plötzlich sehr stark bis 100°; beim Kochen der Säure bilden sich Wasserdampfbläschen, die die Gashülle vom Metall mit fortführen. Oxydationsmittel erhöhen die Löslichkeit des Zinks, weil sie den Wasserstoff zu Wasser oxydiren; daher lösen sich Zink und andere Metalle stets leicht in Salpetersäure auf. Daß durch andere Metalle verunreinigtes Zink die verdünnte Schwefelsäure schneller zersetzt, als reines, soll daran liegen, daß diese Verunreinigungen stets elektro-negativer als Zink sind und also die Wasserstoffausscheidung an ihnen stattfindet, während das Zink wasserstofffrei bleibt. Bei unreinem Zink wirken Druckverminderung, Erhitzen, Zugabe von Oxydationsmitteln u. s. w. daher auch nur wenig beschleunigend auf die Löslichkeit

Ueber den Gasgehalt des Zinkstaubs theilt G. Williams mit, daß das käufliche Präparat ungefähr sein fünfzigfaches Volumen an Wasserstoff enthält.[2]) Zinkstaub verhält sich gegen Wasserstoff ähnlich, wie Palladium, d. h. occludirt bei gewöhnlicher Temperatur das Gas, um es beim Erhitzen in besonders activer Form wieder abzugeben. Die Quelle dieses Gases ist die Luftfeuchtigkeit. Von F. Robineau und G. Rollin wurde weiter bewiesen, daß der käufliche Zinkstaub fast immer ammoniakhaltig ist.[3])

Zinkoxyd und Hydroxyd. Die technische Darstellung des Zinkoxyds geht nach Schnabel vortheilhaft

1) Berl. Ber. 24. 1891 S. 1785.
2) Chem. News 52. 1885 p. 205, 301.
3) Chem. Ztg. 17. 1893 Rep. S. 40.

vom Zinkstaub aus, der in einer ammoniakalischen Lösung von kohlensaurem Ammon aufgelöst werden soll.[1]) Man legt alsdann Zink ein, um das ebenfalls aufgelöste Kupfer zur Ausscheidung zu bringen. Dann wird die Lösung der Destillation unterworfen (um das Lösungsmittel theilweise wieder zu gewinnen) und der hauptsächlich aus Zinkcarbonat bestehende Rückstand geglüht, wobei er in Zinkoxyd übergeht. Aehnlich will auch die Actiengesellschaft Vieille Montagne in Angleur bei Lüttich arbeiten, indem sie die irgend wie erhaltene Zinklösung in überschüssiges Ammoniak einlaufen läßt.[2]) Hierbei werden die Hydrate der Oxyde von Eisen und Mangan abgeschieden, während Zink in Lösung bleibt; durch kurzes Einleiten von Kohlensäure kann man auch das etwa gelöste Calciumsalz fällen. Nach der Filtration wird das Ammoniak abdestillirt, das ausfallende Zinkhydroxyd gesammelt, getrocknet und geglüht. Die ammonsalzhaltige Mutterlauge wird mit Kalk erhitzt, wobei sie ihr Ammoniak entweichen läßt (D. R. P. 15249). — F. C. Glaser schlägt vor, die Zinkerze im Schachtofen auf metallisches Zink zu verarbeiten, dies in Dampfform entweichen zu lassen und den Zinkdampf zu Zinkoxyd zu verbrennen (D. P. P. 28449).[3]) Auf demselben Principe, d. h. der Verbrennung von Zinkdampf, beruht die übliche Darstellung von Zinkweiß: man erhitzt Rohzink bis zum Sieden und führt dem entweichenden Zinkstrom einen Strom erhitzter Luft entgegen. Das Verbrennungproduct schlägt sich in Verdichtungskammern nieder. Es soll noch reiner weiß in der Farbe ausfallen, wenn man in die liegende Retorte mit dem siedenden Zink ein Generatorgasgebläse einführt, welches überschüssige Luft zum Verbrennen sowohl des Generatorgases wie des Zinkdampfs mit sich führt; die Einrichtung ist von C. Freytag angegeben (D. R. P. 42564).[4]) W. Hampe und C. Schnabel stellen zuerst (z. B. durch Extraction der Zinkerze) Zinksulfat her, welches getrocknet, fein zerkleinert und mit Holzkohlen gemischt wird, worauf das Ganze zwei Stunden lang Erhitzung auf 650 ⁰ erfährt.[5]) Es findet die Reaction $ZnSO_4 + C = ZnO + CO_2 + SO_2$

1) Dingl. polyt. Journal 246. 1882 S. 300.
2) Chem. Ind. 5. 1882 S. 5.
3) Chem. Ztg. 8. 1884 S. 1823.
4) Ebendas. 12. 1888 S. 431.
5) Ebendas. 21. 1897 S. 604.

statt. Die schweflige Säure soll zur Schwefelsäurefabrication verwendbar sein (Engl. Pat.). G. Harmegnies will Zinkabfälle in Salzsäure lösen und die filtrirte Lösung mit Magnesia fällen, wobei ein Niederschlag von Zinkhydroxyd entsteht (Engl. Pat.) dasselbe wird abfiltrirt, gewaschen und getrocknet, während das Filtrat eingedampft und der Rückstand erhitzt werden soll. Dabei soll angeblich Salzsäure und Magnesia wiedergewonnen werden, was natürlich nur theilweise gelingt.[1]) — Nach F. Fuchs und F. Schiff rührt die mitunter gelbliche Färbung von technischem Zinkweiß nicht, wie gewöhnlich angenommen wird, von Eisen, sondern viel mehr von Schwefelcadnium her, von dem noch 0·003 % im Zinkweiß einen deutlichen Gelbstich verursachen.[2]) Man muß in diesem Falle versuchen, durch anhaltendes Rösten das Cadniumsulfid in Cadniumoxyd zu verwandeln, dessen braune Farbe merkwürdiger Weise nicht störend bemerkbar wird. Wo irgend möglich, soll man aber am besten zur Zinkweißgewinnung reines Zink verwenden.

Krystallisirtes Zinkoxyd (künstlichen Zinkit) kann man nach A. Gorgeu durch Zersetzung von Zinksalzen in der Hitze, allenfalls unter Mitwirkung von Wasserdampf erhalten.[3]) So hinterläßt Zinksulfat beim allmählichen Erhitzen bis zur Rothgluth krystallisirtes Zinkoxyd, noch schöner, wenn man etwas Kaliumsulfat zugesetzt und vor vollständiger Zersetzung die Erhitzung unterbrochen hat. Die Krystalle bilden hexagonale Prismen und sind durchsichtig, allerdings meist grünlich oder gelblich gefärbt. Härte und Dichte (5·5) stimmen mit den gleichen Werthen bei Zinkit überein. Aus Zinknitrat erhält man nur dann gut krystallisirtes Zinkoxyd, wenn man die Arbeit langsam und nicht bis zu völligem Ende führt, während Fluorzink mit Fluorcalcium gemischt in Gegenwart von Wasserdampf erhitzt werden müßte. Nach G. Brügelmann giebt Zinknitrat bei pyrogener Zersetzung hexagonale Pyramiden von Zinkoxyd, die stets Hemimorphismus zeigen, während aus Zinkcarbonat oder Zinkhydroxyd ein amorphes Zinkoxyd bei Zersetzung durch Hitze erhalten wird.[4])

1) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 260.
2) Oestr. Ztschrft. f. B. u. H. 44. 1896 S. 29.
3) Compt. Rend. 104. 1887 p. 120.
4) Ztschrft. f. analyt. Chemie 29. 1890 S. 126. — 30. 1891 S. 579.

Die specifischen Gewichte sind: für Zinkoxyd aus Nitrat 5·78, aus Carbonat 5·42 und Hydroxyd 5·52.

Wird Zinkoxyd im Platintiegel durch das Gasgebläse erhitzt, so verliert es fortwährend an Gewicht. Nach H. N. Morse und W. M. Burton findet hierbei jedoch keine Dissociation des Zinkoxyds statt, sondern es dringt vielmehr freier Wasserstoff aus der Flamme durch das rothglühende Platin ein und bewirkt Reductionen des Zinkoxyds zu Zink.[1]) Der Wasserstoff soll aus Dissociation von Wasserdampf in der Gebläseflamme stammen. Selbst in der Hitze des elektrischen Ofens, die etwa 2000° betrug, konnte H. Moissan keine Dissociation des Zinkoxyds beobachten.[2]) Vielmehr verdampfte dasselbe und setzte sich an den Kohlenelektroden und den Oeffnungen des Ofens in Nadeln von mehreren Centimetern Länge an.

Krystallisirtes Zinkhydroxyd kann man nach J. Ville in folgender Weise erhalten.[3]) Man rührt äußerst fein vertheiltes neutrales Zinkcarbonat in die doppelte aequivalente Menge einer 10procentigen Kalilauge ein. Nach einigen Minuten fängt das Hydroxyd an, auszukrystallisiren, welcher Vorgang nach 20 bis 30 Minuten beendet ist. Die Krystalle sind unlöslich in Wasser, löslich in Säuren und Laugen und zeigen prismatische Formen. Ging man vom basischen Carbonat aus, so ist die Arbeit nicht ganz so einfach, und die Krystalle zeigen etwas abweichende Formen. Ebenso bewirken Aenderungen in der Alkalimenge auch Bildung andrer Krystallformen. H. Senier will eine Alkalizinkatlösung mit mehr als 6% Zinkhydroxyd bis zur Dichte 1·6 eindampfen und dann 48 Stunden stehen lassen, in welcher Zeit das Zinkhydroxyd auskrystallisirt sein soll.[4]) Dieses Verfahren (Engl. Pat.) soll wahrscheinlich der Zinkgewinnung durch Ausziehen abgeröfteter Erze mit Laugen dienen. Die Mutterlauge der Zinkhydroxydkrystalle soll von neuem zum Auflösen von Zinkoxyd verwendet werden.

Nach der gewöhnlichen Annahme vermag das Zinkhydroxyd als eine Säure zu wirken und mit Basen Salze zu bilden, die man Zinkate nennt. So z. B. $H_2ZnO_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2$

1) Chem. News 57. 1888 p. 175.
2) Ann. Chim. Phys. (7) 4. 1895 p. 143.
3) Compt. Rend. 101. 1885 p. 375.
4) Chem. Ztg. 13. 1889 S. 359.

$+ 2H_2O$, wobei also Natriumzinkat oder Zinkoxydnatrium entstanden wäre. Nach A. M. Corney und C. L. Jackson ist über die Zusammensetzung des Zinkoxydnatrons noch nichts sicheres bekannt.[1]) Sie lösten Zinkhydroxyd in überschüssiger Natronlauge und konnten aus dieser Lösung durch rationelle Alkoholzumischung einen alkoholunlöslichen Theil ausscheiden, der krystallinisch erstarrte und unter 100° schmolz, aber sehr schwer zu reinigen war; die Untersuchung dieses Antheils ergab keine sicheren Resultate. Die alkoholischen Auszüge dagegen schieden mitunter weiße glänzende Nadeln aus, oft über 1 cm lang, die bei 300° noch nicht schmolzen und deren Zusammensetzung $2NaOHZnO + 7H_2O$, also wohl $Na_2ZnO_2 + Zn(OH)_2 + 7H_2O$, war. — G. Bertrand hat die Zinkate der alkalischen Erden hergestellt und untersucht.[2]) Derselbe übersättigte Zinkchloridlösung mit Ammoniak bis alles Hydroxyd wieder gelöst war, und gab zu der ammoniakalischen Lösung Kalkwasser. Etwa auftretende Ausscheidungen wurden mit Ammoniak wieder aufgelöst und die Lösungen dann über Schwefelsäure verdunstet, wobei sich krystallisirtes Zinkat abschied. Dieses mußte sehr schnell filtrirt und ausgewaschen und dann im luftleeren Raume getrocknet werden. Das Calciumzinkat besaß die Formel $CaZnO_2 + Zn(OH)_2 + 4H_2O$ und hielt noch bei 125° das Wasser zurück. Die in etwas andrer Weise bereiteten Zinkate von Strontium und Baryum besaßen entsprechende Zusammensetzung, enthielten jedoch 7 Mol. Krystallwasser. Die Constitution dieser Zinkate soll in der Formel (OH)—Zn—O—M—O—Zn—(OH) ausgedrückt sein, in der M das Metall der alkalischen Erde bezeichnet. Darnach wären also die bis jetzt näher untersuchten krystallisirten Zinkate saure Salze des als Säure fungirenden Zinkhydroxyds.

Schwefelzink. Die Herstellung des Schwefelzinks auf trockenem Wege kann als Vorlesungsexperiment ausgeführt werden, indem man nach H. Schwarz 2 Gewth. Zinkstaub mit 1 Gewth. Schwefel mischt und das Gemisch mit einem Zündhölzchen anbrennt.[3]) Es erhebt sich eine mächtige, hell leuchtende und etwas grünlich gefärbte Flamme, und fast alles Schwefelzink welches bei der Reaction entsteht, wird in Staubform in

1) Berl. Ber. 21. 1888 S. 1589.
2) Compt. Rend. 115. 1892 p. 939.
3) Berl. Ber. 15. 1882 S. 2505.

die Luft geführt. Interessant ist auch die Bildung von Zinksulfid beim Ueberleiten von Schwefelkohlenstoffdampf über mäßig erhitzten Zinkstaub; es scheidet sich hierbei reichlich rußartiger Kohlenstoff ab. — W. Spring hat Zink und Schwefel durch sehr starken Druck zu krystallinisch blättrigem Schwefelzink vereinigt, welches der natürlichen Blende ähnlich war; auch die Darstellung von Polysulfiden ist ihm gelungen.[1] — Häufiger ist die Herstellung des Schwefelzinks auf nassem Wege angewendet werden, theilweise auch zu technischen Zwecken. So will C. F. Claus ammoniakalische Zinklösungen aus Erzen oder Zinkabfällen herstellen und zunächst mit wenig Schwefelbaryum versetzen, um fremde Metalle als Sulfide auszuscheiden (D. R. P. 17399).[2] Ist dies geschehen, so setzt man mehr Schwefelbaryum oder Schwefelstrontium zu und bekommt jetzt einen Niederschlag von Zinksulfid, den man abfiltrirt, ausglüht und mit Wasser abschreckt, während dem Filtrate durch Destillation das Ammoniak entzogen und aus dem Reste der Flüssigkeit Baryum- oder Strontiumhydroxyd gewonnen werden soll. J. B. Spence will starke Alkalilaugen in eisernen Gefäßen elektrolysiren, wobei als positive Elektroden Zinkplatten dienen sollen (Engl. Pat.).[3] Es bildet sich eine Alkalizinkatlösung, die dann durch Alkalisulfid gefällt werden soll. Die Mutterlauge des Schwefelzinks soll von neuem zum Auflösen des Zinks dienen. — H. Baubigny macht darauf aufmerksam, daß eine neutrale Lösung von Zinkvitriol, die nicht über 0·3 g des Salzes in 100 ccm der Lösnng enthält, durch Schwefelwasserstoff vollständig gefällt wird, falls man nach Sättigung mit dem Gase in einem verstöpselten Gefäße einige Stundeu bei 20° stehen läßt.[4] Erst wenn die Ziukvitriollösung die 30fache Menge der im Vitriol enthaltenen Schwefelsäure frei zugesetzt bekommt, ist Schwefelwasserstoff überhaupt ohne Wirkung; aber dies gilt nur für Arbeit in der Kälte, denn bei 100° fällt H_2S auch in diesem Falle einen Theil des Zinks als Sulfid aus. A. Villiers theilt eine interessante Beobachtung mit, die er machte, als er so lange Zinkvitriol in Natronlauge eingetragen hatte, bis der anfangs entstehende Niederschlag sich nicht mehr löste, und in die ab-

1) Berl. Ber. 16. 1883 S. 1000.
2) Dingl. polyt. Journ. 244. 1882 S. 170.
3) Chem. Ztg. 11. 1887 S. 349.
4) Compt. Rend. 107. 1888. p. 1148.

gegossene klare Lösung nunmehr Schwefelwasserstoff einleitete.[1]) Zuerst entstand natürlich ein Niederschlag vou Schwefelzink; aber derselbe löste sich bei fortwährendem Einleiten von H_2S als Natriumzinksulfidhydrosulfid wieder auf. Diese Reaction trat jedoch nicht ein, wenn man die Fällung des Schwefelzinks gerade vollständig werden und dann im luftdicht verschlossenen Gefäße längere Zeit stehen ließ. Das Schwefelzink war hierbei krystallinisch geworden und löste sich bei Ueberfättigung der Flüssigkeit mit Schwefelwasserstoff nicht wieder auf. Krystallinisches Schwefelzink erhält man auch, wenn man eine alkalifreie Lösung von Zinkoxydnatron mit H_2S fällt und dann die Flüssigkeit eine Minute lang auf 70—100° erhitzt. In sehr verdünnten Lösungen geht die Umwandlung jedoch nur sehr langsam vor sich. Ist Salmiak zugegen, so entsteht schon in der Kälte krystallinisches Schwefelzink; ebenso geht frisch gefälltes amorphes Zinksulfid beim Auswaschen mit Schwefelwasserstoffwasser unter Luftausschluß in die krystallinische Form über. Verdünnte und schwach alkalische Lösungen, aus denen man amorphes ZnS ausgefällt hat, lassen letzteres bei Abkühlung bis zum Gefrieren der Flüssigkeit krystallinisch werden. Die amorphe Modification ist also offenbar eine, wenn auch schwache Sulfosäure, denn sie löst sich in Schwefelalkali. — Das Schwefelzink wird als Malerfarbe benutzt und zu diesem Zwecke nach J. Cowley in der Regel in der Weise hergestellt, daß man Lösungen von reinem Zinksulfat mit Alkali- oder Erdalkalisulfid ausfällt, den Niederschlag (der Wasser und Erdalkali enthalten kann) trocknet und bis zur Rothgluth erhitzt, dann noch glühend mit Wasser abschreckt, zerreibt und auswäscht und hierauf abermals trocknet und pulvert.[2]) So bereitetes Schwefelzink deckt besser als Bleiweiß und ist unempfindlich gegen Schwefelwasserstoff. Leider färbt sich die weiße Farbe im Sonnenlichte dunkler, wird aber im Dunklen wieder weiß. Dieser Farbenwechsel zeigt sich nur bei geglühtem Schwefelzink. Wahrscheinlich sind die stets im Zinksulfid enthaltenen Zinkoxyde die Ursache dieser Erscheinung, indem unter dem Einflusse des Lichtes Umsetzung nach der Gleichung $ZnS + 2ZnO = 3Zn + SO_2$ stattfindet. Auch zurückgehaltenes Zinksulfat könnte ähnliche Wirkung haben: $ZnS + ZnSO_4 =$

1) Compt. Rend. 120. 1895 p. 97, 149, 188, 322, 498.
2) Chem. News 63. 1891 p. 88.

$2Zn + 2SO_2$. Feuchtigkeit scheint das Dunkeln des Schwefelzinks zu begünstigen. Ein gegen das Licht unempfindliches Zinksulfid läßt sich in folgender Weise erhalten. Die Zinkvitriollösung wie eine Lösung von Barymsulfid, beide möglichst concentrirt, wurden in Siedehitze vermischt. Der Niederschlag bestand aus Schwefelzink und Baryumsulfat, er wurde mit 0·5—1 % Magnesia und fein gepulvertem Kochsalz versetzt, dann abfiltrirt, getrocknet und mit 3% Salmiak vermischt. Nach dem Glühen war das Präparat weiß und kaum lichtempfindlich. Die nützliche Wirkung des Salmiaks ist vielleicht darauf zurückzuführen, daß durch ihn das Schwefelzink krystallinisch gemacht wird.

Nach Sidot erhält man phosphorescirendes Zinksulfid durch Erhitzen der krystallinischen Form dieser Verbindung im Strome von Schwefeldioxyd; nach etwa 2 Stunden setzen sich im kalten Theile der Röhre phosphorescirende Krystalle von Schwefelzink ab und nach etwa 5 Stunden ist die Arbeit beendet. C. Henry findet diese Darstellung zu unbequem, da sie trotz langer Dauer nur wenige Gramm des Präparats liefert, und schlägt folgendes Verfahren vor.[1]) Man stellt sich eine neutrale Lösnng von chemisch reinem Zinkchlorid her (andere Salze sind nicht brauchbar), giebt zu ihr nach und nach soviel Ammoniak, daß eben der Niederschlag wieder vollständig gelöst ist, und fällt nunmehr mit Schwefelwasserstoff vollständig, aber ohne Ueberschuß an H_2S. Das Schwefelzink wird abfiltrirt und ausgewaschen, getrocknet und in einen hessischen Tiegel gefüllt, der in einem mit Kohle ausgefüttertem Graphittiegel steht, worauf man bis zur Weißgluth erhitzt. Das Präparat phosphorescirt nicht, wenn es irgend welche Verunreinigungen enthält. In dem Patent, welches Henry auf dieses Verfahren genommen hat (D.R.P. 66605) ist zum Brennen des Zinksulfids ein Porzellantiegel vorgeschrieben.

Auf Grund thermochemischer Versuche hatte J. Thomsen die Existenz eines Zinkhydrosulfids $Zn(SH)_2$ angenommen. Nach V. v. Zotta ist jedoch eine solche Verbindung analytisch nicht nachweisbar.[2]) Dagegen entsteht, wenn man nach den Angaben von Thomsen arbeitet, eine Verbindung von der Formel $Zn_3S_4H_2$ also wohl $Zn(SH)_2$, 2ZnS. Dieser Körper ist unter

1) Compt. Rend. 115. 1892 p. 505. — Chem. Ztg. 17. 1893 S. 398.
2) Chem. Ztg. 13. 1889 S. 1534.

schwefelwasserstoffhaltigem Wasser ziemlich beständig, wird aber durch reines Wasser vollständig in Zinksulfid umgewandelt.

Halogenverbindungen des Zinks. Das Zinkchlorid wird vielfach zur Eintränkung von Holz benutzt, um dieses hierdurch vor Fäulnis zu schützen. Zur technischen Darstellung einer hierzu geeigneten Zinkchloridlösung empfiehlt Mallet folgendes Verfahren.[1] Man vermischt Lösungen von Zinkvitriol und Kochsalz und kühlt die oberen Schichten der Mischung ab, indem man durch ein hier eintauchendes Röhrensystem eiskaltes Wasser laufen läßt. Es soll dann in den unteren Schichten das bei der Umsetzung entstehende Glaubersalz auskrystallisiren. Noch besser dürfte ein Umsatz mit Chlorcalcium sein, da sich alsdann bei richtiger Concentration Gyps ausscheidet. Festes Chlorzink stellt A. Guret aus Zinkabfällen her, indem er diese mit Chloriden der Alkali- oder Erdalkalimetalle vermischt und das Gemisch im Chlorwasserstoffstrome erhitzt (D.R.P. 15012).[2] Es soll Zinkchlorid abdestilliren; bei Verwendung von Chloralkalien ist jedoch mehr an Bildung flüchtiger Doppelchloride zu denken. — Wasserfreies Zinkchlorid läßt sich nur durch pyrogene Processe erhalten, z. B. durch Destillation von wasserfreiem Zinksulfat mit Kochsalz. Durch Lösen von Zink in Salzsäure und Abdampfen der Lösung erhält man nach R. Dietz stets basische Salze.[3] Setzt man zu solchem basischen Salze soviel Salzsäure, daß die Lösung auch beim Verdünnen mit viel Wasser klar bleibt, auf Congopapier aber keine saure Reaction zeigt, und läßt man eine solche 86-procentige Lösung bei 50° über Phosphorpentoxyd verdunsten, so bilden sich kleine schiefwinklige vierseitige und beiderseits pyramidal zugespitzte Kryställchen von wasserfreiem Chlorzink, die doppelbrechend sind. Dieselben sind sehr hygroskopisch nnd bilden leicht Hydrate mit 1, 1½, 2 und 3 Molekülen Wasser. Das Salz $ZnCl_2 + H_2O$ bildet dünne sechsseitige Tafeln, die sehr zerfließlich sind; es schmilzt bei 28° theilweise und scheidet hierbei krystallinisches wasserfreies Salz aus. Das Salz $2ZnCl_2 + 3H_2O$ bildet großprismatische Krystalle, die ebenfalls sehr zerfließlich sind und bei 26° zu einer klaren Flüssigkeit schmelzen. $ZnCl_2 + H_2O$, welches große rhombische

1) Chem. Ztg. 5. 1881 S. 437.
2) Chem. Ind. 5. 1882 S. 9.
3) Ztschrft. f. anorg. Chemie 20. 1899 S. 241.

Platten bildet, schmolz bei 13°. Endlich $ZnCl_2 + 3H_2O$ bildet kochsalzähnliche Krystalle und schmilzt schon bei 7°. Die Löslichkeit des wasserfreien Zinkchlorids nimmt mit steigender Temperatur nur wenig zu; das Hydrat mit $1H_2O$ ist leichter löslich als die übrigen Hydrate; die wasserreicheren Hydrate haben fast gleiche und jedenfalls geringere Löslichkeit als das wasserfreie Salz. — V. Meyer und F. Freyer haben Versuche über den Siedepunkt des Zinkchlorids angestellt und mit Hülfe eines Luftthermometers aus Platin denselben zu etwa 730° ermittelt.[1] Das Zinkbromid siedet bereits bei etwa 650°. — Ueber Zinkchloridchlorhydrate berichtet R. Engel.[2] Leitet man in eine Zinkchloridlösung unter zeitweiliger Zugabe von Zinkstücken trocknes Chlorwasserstoffgas, bis die Dichte der Lösung annähernd gleich 2 bei 25° geworden ist, so krystallisirt die Verbindung $2ZnCl_2, HCl + 2H_2O$ aus. Wiederholt man die Arbeit mit der Mutterlauge, so bekommt man fortwährend neue Mengen dieses Chlorhydrats. Schließlich hinterbleibt eine mit HCl gesättigte Mutterlauge, die bei Abkühlung auf 0° lange Nadeln der Verbindung $ZnCl_2,HCl + 2H_2O$ auskrystallisiren läßt. Jedoch ist dieses Chlorhydrat sehr unbeständig und geht an trockner Luft in die zuerst genannte Verbindung über. Im Vacuum verwandelt sich dieses Chlorhydrat fast ganz in Zinkchlorid, bei 100° in eine wässerige Chlorzinklösung mit Zinkchloridausscheidung. Zinkchloridhydrate existiren mindestens drei, nämlich $ZnCl_2 + 2H_2O$, $ZnCl_2 + 3H_2O$, und $2ZnCl_2 + 3H_2O$ (vergl. oben die Angaben von Dietz). Das erste Hydrat entsteht als Schmelzflüssigkeit, wenn man eine bei 0° zum Erstarren gebrachte 79·9-prozentige Zinkchloridlösung bei 16° schmelzen läßt, während hierbei das zuletzt genannte Hydrat als unschmelzbarer Rückstand hinterbleibt. Das Hydrat $ZnCl_2 + 3H_2O$ krystallisirt bei 0° aus einer 70·5 procentigen Zinkchloridlösung aus, schmilzt aber schon bei gewöhnlicher Temperatur und verliert über Phosphorpentoxyd oder im luftleeren Raume das Krystallwasser. Die schon erwähnten Chlorhydrate leiten sich von den Hydraten ab, indem Wasser durch Chlorwasserstoff substituirt worden ist, allerdings

---

1) Berl. Ber. 25. 1892 S. 622.

2) Compt. Rend. 102. 1886 p. 1068, 1111. — Ann. Chim. Phys. (6) 10. 1887 p. 424, 463.

von Molekül zu Molekül. Die Zinkchloridchlorhydrate $ZnCl_2, HCl + 2H_2O$ und $2ZnCl_2,HCl + 2H_2O$ sind übrigens nach J. Tschelzow in wässriger Lösung existenzfähig, werden aber allmählig durch das Wasser zersetzt. [1])

G. André stellte Zinkoxychloride her, indem er Zinkoxyd mit Zinkchloridlösung erhitzte oder Zinkchloridlösungen unvollständig durch Ammoniak fällte. [2]) Es wurden die Verbindungen $ZnCl_2 + 3$ oder 5 oder 8 $ZnO + 5$ oder 8 oder 10 H_2O erhalten. Durch Wechselwirkung zwischen Zinkchlorid und Ammoniak oder durch Erhitzen von Zinkoxyd mit Salmiaklösung wurden gut krystallisirende Zinkchlorid-Ammoniakverbindungen gewonnen, z. B. $ZnCl_2, 5NH_3 + H_2O$ oder $2ZnCl_2, 4NH_3 + H_2O$ u. s. w. Durch überschüssiges Wasser wurden alle diese Verbindungen zersetzt. Beim Auflösen von Zinkchlorid in überschüssigem Ammoniak und Abdampfen unter Sieden erhält man krystallinische Ausscheidung der basischen Verbindung $6ZnCl_2, ZnO, 12NH_3 + 4H_2O$, die ebenfalls durch Wasser zersetzt wird und hierbei ein unlösliches Zinkoxychlorid hinterläßt. H. Thoms weist zunächst darauf hin, daß die Verbindung $ZnCl_2 + NH_3$, welche beim Erwärmen von wasserfreiem Zinkchlorid mit Ammoniak entsteht, oder die Verbindung $ZnCl_2 + 5NH_3 + H_2O$, welche sich beim Einleiten von Ammoniak in eine ammoniakalische Chlorzinklösung bildet, und so noch manche andere ähnliche Verbindungen längst bekannt sind. [3]) $ZnCl_2 + 4NH_3 + H_2O$ entsteht beim Einleiten von Ammoniak in eine heiße Zinkchloridlösung; $ZnCl_2 + 2NH_3$ hinterbleibt beim Abdampfen einer kalten verdünnten ammoniakalischen Chlorzinklösung. Letztere Verbindung wird auch gewonnen, wenn man frisch gefälltes Zinkhydroxyd in concentrirter Salmiaklösung auflöst und dann die Lösung eindampft. Es scheiden sich sehr luftbeständige, farblose rhombische Krystalle ab, die im Wasser nicht löslich sind, aber durch kochendes Wasser unter Bildung von Oxychlorid zersetzt werden. Dieselbe Verbindung scheidet sich mitunter im Leclanché-Elemente in guten Krystallen aus. Ihre Constitution ist die eines Salmiakdoppelmoleküls, in welches an Stelle von H_2 Zink eingetreten ist: $(NH_3Cl)_2Zn$. Dieselbe Verbindung hat auch W. Kwasnik her-

1) Chem. Ztg. 11. 1887 S. 938.
2) Ann. Chim. Phys. (6) 3. 1883 p. 66.
3) Berl. Ber. 20. 1887 S. 743.

gestellt, indem er eine zehnprocentige Lösung von wasserfreiem Zinkchlorid mit gesättigtem alkoholischen Ammoniak bis zum schwachen Vorwalten des letzteren versetzte und den Niederschlag erst bei 60 bis 70°, dann im Exsiccator trocknete.[1]) Beim Erhitzen schmilzt das Chlorzinkammoniak und läßt Ammoniak entweichen; es bildet nach dem Wiedererstarren eine farblose Masse von glasigem Bruche, die etwas hygroskopisch ist, und der Formel $(NH_3Cl)ZnCl$ entspricht, gewöhnlich $ZnCl_2, NH_3$ geschrieben.

Das neutrale Zinkbromid kann man nach R. Dietz in kleinen harten Octaëdern erhalten, die sehr zerfließlich sind.[2]) Es existiren zwei Hydrate, eines mit zwei- und eines mit drei Mol. Wasser. $ZnBr_2 + 2H_2O$ bildet zerfließliche kleine Octaëder, die bei 37° schmelzen, $ZnBr_2 + 3H_2O$ zeigt Nadeln oder Säulen und schmilzt schon bei —5°. Aus einer bei 100° gesättigten, also etwa 83·5-prozentigen Lösung von Jodzink scheidet sich bei gewöhnlicher Temperatur wasserfreies Zinkjodid ab, bei 8° jedoch das Hydrat $ZnJ_2 + 2H_2O$, welches zerfließliche Säulen bildet und bei 27° schmilzt.

G. André hat eine große Anzahl basischer Zinkbromide, ebenso Zinkbromid-Ammoniakverbindungen hergestellt, die jedoch kein besonderes Interesse beanspruchen[3]) Ebenso können wir darauf verzichten, die von Tassilly bereiteten Zinkoxyjodide zu besprechen.[4]) Dagegen seien die von C. Poulenc mitgetheilten Beobachtungen über das Zinkfluorid kurz erwähnt.[5]) Man erhält die Verbindung, indem man Zink im Strome von trocknem Fluorwasserstoffgase zur Rothgluth erhitzt oder HF bei 800 bis 900° auf geschmolzenes Zinkchlorid einwirken läßt. Auch beim Erhitzen von Zinkoxyd im Fluorwasserstoffstrome bis über die Rothgluth bildet sich, wie in allen übrigen Fällen, das wasserfreie Fluorid ZnF_2 in farblosen durchsichtigen Nadeln, dem monoklinen oder asymmetrischen Systeme zugehörig. Die Krystalle polarisiren das Licht stark, haben D = 4·84 und sind in heißem Wasser löslich. Beim Erhitzen in Luft verwandelt sich das Zinkfluorid in Zinkoxyd, ebenso wenn

1) Chem. Ztg. 15. 1891 Rep. S. 205.
2) Ztschrft. f. anorg. Chemie 20. 1899 S. 241.
3) Compt. Rend. 96. 1883 p. 703.
4) Bull. Soc. Chim. 15. 1896 p. 345.
5) Compt. Rend. 116. 1893 p. 581.

man es im Wasserdampfstrome auf Rothgluth erhitzt. Das hydratisirte Zinkfluorid $ZnF_2 + 4H_2O$ ist schon von Marignac beschrieben worden; es verliert bei 100° sein Krystallwasser.

Im Anschlusse an die Halogenverbindungen sollen noch die Cyanverbindungen des Zinks erwähnt werden. R. Varet hat Cyanzinkammoniak hergestellt: $Zn(CN)_2, 2NH_3 + H_2O$ und $Zn(CN)_2, 2NH_3$.[1]) Diese Verbindungen entstehen aus Zinkcyanid durch Auflösen desselben in Ammoniak und Einleiten von Ammoniakgas. Beide bilden durchsichtige Krystalle, die nicht luftbeständig sind. — Ueber Doppelcyanide des Quecksilbers und Zinks hat W. R. Dunstan berichtet, auf dessen Mittheilungen jedoch nur verwiesen sei.[2])

Zinknitrat. Nach R. Funk krystallisirt das gewöhnliche Zinknitrat $Zn(NO_3)_2 + 6H_2O$ in wasserhellen, vierseitigen Säulen, ist zerfließlich und schmilzt schon bei 36·4°.[3]) Bei 100° verliert es Wasser und wird basisch. Ueber Schwefelsäure verwittert es und wird bei sehr langem Stehen ebenfalls basisch. Auf besondere Weise läßt sich auch die Verbindung $Zn(NO_3)_2 + 3H_2O$ herstellen, nämlich wenn man das gewöhnliche Salz schmilzt und dann mehrere Tage lang auf 37—40° erhitzt. Es scheiden sich dabei kleine Nadeln des neuen Salzes aus. Das normale Hydrat löst sich mit wachsender Temperatur zunehmend; die bei 18° gesättigte Lösung enthält 53·5 % $Zn(NO_3)_2$. Es existirt auch ein Kryohydrat des salpetersaurem Zinks, welches bei —29° aus übersättigter Lösung entsteht; bei vorsichtigem Schmelzen scheidet sich die nur unter —17° beständige körnig krystallinische Verbindung $Zn(NO_3)_2 + 9H_2O$ ab. Wird Zinkoxyd oder Zinkhydroxyd in heißer Zinknitratlösung aufgelöst, so scheidet sich nach H. L. Wells[4]) beim Erkalten das basische Nitrat $Zn(OH)NO_3 + H_2O$ ab, welches mit Alkohol ausgewaschen und über Schwefelsäure getrocknet werden muß. Es bildet sehr dünne prismatische Krystalle, die im trocknen Zustande verfilzter Baumwolle gleichen. Durch Wasser wird das Salz sehr schnell, durch Alkohol sehr langsam zersetzt. Beim Waschen mit heißem Wasser hinterbleibt fast reines Oxyd. — Wird reines Zink mit verdünnter Salzsäure ge-

1) Compt. Rend. 105. 1887 p. 1070.
2) Chem. Ztg. 14. 1890 S. 18. — 16. 1891 S. 439.
3) Ztschrft. f. anorg. Chemie 20. 1899 S. 398.
4) Chem. Ztg. 11. 1887 S. 230.

kocht, so entsteht zunächst das neutrale Nitrat; aber bald scheidet, wie J. Riban beobachtete,[1] die siedende Lösung einen weißen Niederschlag von basischem Nitrat aus. Auch das Filtrat giebt bei der Abkühlung weitere Niederschläge, die aus einem nadelförmig krystallisirenden Nitrate 6 ZnO, N_2O_5, 8 H_2O und dem in Blättern krystallisirenden Nitrate 6 ZnO, N_2O_5, 7 H_2O bestehen. A. Terreil stellte in ähnlicher Weise das basische Nitrat 5 ZnO, N_2O_5, 5 H_2O her, welches sich beim Erwärmen zersetzt unter Hinterlassung von Zinkoxyd.[2]

Sulfit und Sulfat. Mit schwefligsaurem Zink getränkte Gaze ist als Verbandstoff empfohlen worden; da das Zinksulfit in Lösung begierig Sauerstoff aufnimmt, so soll es die Entwicklung von Sauerstoff verbrauchenden Organismen verhindern, das bei der Oxydation aus ihm entstehende Sulfat aber als mildes Adstringens und Antisepticum wirken. Nach K. Seubert scheidet sich normales Zinksulfit $ZnSO_3 + 2H_2O$ aus, wenn man die Lösungen äquivalenter Mengen Zinksulfat und Natriumsulfit vermischt.[3] Bringt man dagegen concentrirte heiße Lösungen dieser Salze zusammen, so entsteht das basische Salz $ZnSO_3$, $Zn(OH)_2 + H_2O$. Werden verdünnte Zinksulfitlösungen erhitzt oder concentrirte Lösungen stark verdünnt oder kocht man die beiden schon angeführten Sulfite mit Wasser, so entsteht ein sehr voluminöser Niederschlag von der Zusammensetzung 2 $ZnSO_3$, 3 $Zn(OH)_2$ G. Denigès giebt dem normalen Zinksulfit die Formel $2ZnSO_3 + 5H_2O$ und stellt es in folgender Weise her.[4] Zinkvitriol (100 g) wird in Wasser (400 g) aufgelöst und die Lösung mit etwas Essigsäure (2 ccm) versetzt, worauf man eine schwach essigsaure Lösung von Natriumsulfat (100 g kryst. Glaubersalz in 400 ccm Wasser mit 2 ccm Essigsäure) in der Kälte hinzufügt. Zuerst entstehen krystallinische Ausscheidungen; später stellen sich auch gute kleine rhombische Krystalle ein, die sehr fest am Gefäße haften und sehr wenig löslich sind. Man wäscht sie mit kaltem Wasser und trocknet sie über Schwefelsäure.

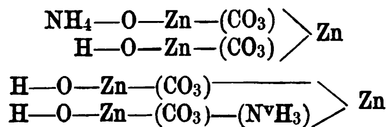
A. de Schulten hat Krystalle des wasserfreien Zinksulfats (also künstlichen Zinkosit) bei langsamer Verdampfung

1) Compt. Rend. 114. 1892 p. 1357.
2) Bull. Soc. Chim. (3) 7. 1892 p. 553.
3) Chem. Ztg. 15. 1891 Rep. S. 205.
4) Bull. Soc. Chim. (3) 7. 1892 p. 569.

der Lösung von schwefelsaurem Zink in concentrirter Schwefelsäure erhalten.[1]) Die Krystalle wurden durch vorsichtiges Erhitzen in einer Platinschale von anhaftender Säure befreit und bilden orthorhombische, rechtwinklige Tafeln von D = 3·74 bei 15⁰. Bei dunkler Rothgluth werden sie undurchsichtig. — Eisenfreien Zinkvitriol soll man in folgender Weise erhalten.[2]) Man trägt in rohe, aber arsenfreie Schwefelsäure (100 Gewth., verdünnt mit 300 Gewth. Wasser) in der Hitze nach und nach zerkleinertes Werkzink (70 Gewth.) ein und läßt unter häufigem Umrühren zwei Tage stehen. Nunmehr giebt man Chlorwasser (25 Gewth.), hinzu, läßt eine halbe Stunde stehen und fällt dann mit Natronlauge (1 Gewth). Nach halbstündigem Stehen, wobei häufig gerührt wird, filtrirt man und läßt aus dem Filtrat den Vitriol auskrystalisiren. Bei diesem Verfahren dürfte nur dann der gewünschte Erfolg erreichbar sein, wenn die Menge der Natronlauge genau dem zu fällenden Eisen äquivalent war. J. Knobloch will reinen Zinkvitrol, namentlich magnesiafreien, durch Fällen einer heißen Lösung von Zinkvitriol im gleichen Gewichte Wasser mittelst Zinkfluorid erzielen, dessen Menge dem vorhandenen Calcium- und Magnesiumoxyd aequivalent sein soll.[3]) Ewa überschüßiges Fluorzink soll durch etwas Gyps beseitigt werden. Das Filtrat wird mit etwas Zinkoxyd, das vorher mit Wasser angerieben wurde, versetzt, worauf man es einen Tag lang unter häufigen Umrühren stehen läßt. Das Filtrat wird mit Schwefelsäure angesäuert und zur Krystallisiation gebracht. Sollte der Zinkvitriol noch chlorhaltig sein, so löst man ihn bei 60⁰ in $^1/_5$ Thl. Wasser und läßt abermals auskrystallisiren. — Krystallisirtes Ammoniumzinksulfat erhält man nach J. Troeger und E. Ewers, wenn man durch Natronlauge frisch gefälltes und gut ausgewaschenes Zinkhydroxyd so lange in eine Lösung von schwefelsaurem Ammoniak einträgt, als es noch gelöst wird.[4]) Das Filtrat giebt nach der Concentration bei der Abkühlung die Verbindung $(NH_4)_2SO_4, ZnSO_4 + 6H_2O$. Es findet also offenbar die Reaction $2(NH_4)_2SO_4 + Zn(OH)_2 = (NH_2)_2Zn(SO_4)_2 + 2NH_3 + 2H_2O$ statt; in der That läßt sich Ammoniakentwicklung bemerken.

1) Compt. Rend. 107. 1888. p. 405.
2) Chem. Ztg. 18. 1894. Rep. S. 185.
3) Ebendas. 19. 1895 Rep. S. 210.
4) Ebendas. 22. 1898 Rep. S. 41.

Carbonat und Silicat. Ueber neutrales und basisches Zinkcarbonat liegen besonders Mittheilungen von K. Kraut vor.[1] Gießt man Lösungen neutraler oder saurer Alkalicarbonate in der Kälte in Zinkvitriollösung ein, so fällt zuerst amorphes neutrales Zinkcarbonat aus. Dieses wandelt sich unter gewissen Verhältnissen in das krystallinische Carbonat $ZnCO_3 + H_2O$, unter anderen in das basische Salz $5ZnO, 2CO_2 + 4H_2O$ um. Wird umgekehrt die Zinksalzlösung in die Lösung der Alkalicarbonate eingegossen, so entsteht nur basisches Carbonat. Kocht man dasselbe längere Zeit mit überschüssiger Soda, so hinterbleibt schließlich Zinkoxyd, während ein Theil der Soda in Natriumbicarbonat verwandelt worden ist: $ZnCO_3 + Na_2CO_3 + H_2O = ZnO + 2NaHCO_3$. Alle Zinkcarbonate, deren Zusammensetzung Formeln zwischen ZnO, CO_2 und $5ZnO, 2CO_2$ entspricht, sind als Gemenge von dem zuletzt genannten basischen mit dem krystallinischen neutralen Carbonat zu bezeichnen. — G. Kaßner hat bei der Elektrolyse schwacher Ammoniumcarbonatlösung, bei der als positive Elektrode ein Zinkstab verwendet wurde, die Bildung krystallisirter und krystallinischer Ausscheidungen beobachtet, die sich im Wasser nicht lösten und die empirische Zusammensetzung $Zn_3(NH_4OH)(CO_2)_2 + H_2O$ besaßen.[2] Nach Kaßner sind dies basische Carbonate, in denen ein Hydroxylwasserstoff durch Ammon vertreten ist, während H. Thoms die in der zweiten Formel gegebene Auffassung vertritt:



A. Gorgeu hat künstlichen Willemit, d. i. krystallisirtes Zinksilicat Zn_2SiO_4 beim Erhitzen eines Gemisches aus Zinksulfat, Natriumsulfat und Kieselsäurehydrat erhalten.[3] Es findet dabei regelmäßige Entwicklung von Schwefeldioxyd statt. Der Rückstand wird mit heißem Wasser ausgezogen, wobei die Krystalle

---

1) Ztschrft. f anorgan. Chemie 13. 1896 S. 1.

2) Chem. Ztg. 13. 1889 Rep. S. 237. — Chem. Centralbl. 1889² S. 555, 965.

3) Compt. Rend. 104. 1887 p. 120.

des Zinkorthosilicats hinterbleiben. Doch müssen sie noch schnell mit sehr verdünnter Essigsäure ausgewaschen werden. Die Krystalle haben Härte und Dichte des Minerals und sind stark doppelbrechend.

Ferrit und Chromit. Ein Zinkferrit $ZnFe_2O_4$ findet sich in der Natur als Mineral unter dem Namen Franklinit, jedoch verunreinigt durch Manganferrit und Eisenoxyduloxyd. Es läßt sich Franklinit nach einem von A. Gorgeu angegebenen Verfahren auf künstlichen Wege mit den Eigenschaften des Minerals herstellen, während natürlich das synthetisch erhaltene reine Zinkferrit etwas abweichende Eigenschaften besitzt.[1]) Man löst 1 Aequ. Natriumsulfat, 1—2 Aequ. Zinksulfat und 0·25 bis 0·5 Aequ. Ferrisulfat in Wasser, dampft zur Trockne und erhitzt den Rückstand bis zu intensiver Rothgluth. Oder man erhitzt Pulver von Eisenoxyd mit Zinknatriumsulfat bis zu heller Kirschrothgluth. Oder man verschmilzt Zinkchlorid mit Eisenchlorid u. s. w. Das Zinkferrit, welches in der Reactionsmasse enthalten ist, bildet kleine, durchsichtige Octaëder, hat die Härte 6·5 und D = 5·33. Von Säuren wird es nur wenig angegriffen. — Ueber Zinkchromit $ZnCr_2O_4$ hat G. Viard gearbeitet.[2]) Es entsteht wenn man Gemische von Kaliumchromat und Zinkchlorid im Kohlensäure- oder Stickstoffstrome bis zur hellen Rothgluth erhitzt. Das Reactionsproduct muß mit heißem Wasser, dann mit siedender Salzsäure ausgewaschen werden und bildet glänzend schwarze, regelmäßige Octaëder von der Dichte 5·29, die von Säuren nicht angegriffen werden und Quarz ritzen. Erhitzt man Zinkchromat über 440° hinaus, so fängt es an, sich zu zersetzen, und es hinterbleibt ein dunkelviolettes Pulver eines Zinkchromits $3ZnO, 2Cr_2O_3$ oder $2ZnCr_2O_4, ZnO$. Beim Erhitzen von Zinkoxyd mit Kaliumbichromat entsteht die Verbindung $6ZnO, 5Cr_2O_3$ oder $5ZnCr_2O_4, ZnO$. Diese zuletzt angeführten Chromite sind also basisch.

Chromat. Ueber Zinkchromat oder Zinkgelb berichtet C. O. Weber.[3]) Man stellt dasselbe her, indem man eisenfreie Zinksalzlösungen mit Kaliumchromat ausfällt. Die eisen-

1) Compt. Rend. 104. 1887 p. 580.
2) Bull. Soc. Chim. (3) 2. 1889 p. 331. — Compt. Rend. 112. 1891 p. 1003.
3) Dingl. polyt. Journ. 279. 1891 S. 284.

freien Salzlösungen erhält man, indem man Zinksalzlösungen mit einer ausreichenden Menge von übermangansaurem Kalium versetzt und dann mit gewöhnlichem Zinkoxyd bis auf 80° unter Umrühren erhitzt. Da neutrale Zinksalzlösungen mit Kaliumchromat nur unvollkommene Fällung geben und das erzielte Präparat mit Wasser sich zersetzt, so wird bei der Fällung Soda mit verwendet: $4ZnSO_4 + Na_2CO_3 + 3K_2CrO_4 = 3ZnCrO_4, ZnO + Na_2SO_4 + 3K_2SO_4$. Das gefällte basische Chromat ist feurig gelb, leicht und flockig, darf aber nur einmal mit Wasser ausgewaschen werden, wenn keine Schädigung eintreten soll. Weiter wird auch saures Zinkgelb fabricirt, dessen Formel $3ZnCrO_4, K_2Cr_2O_7, xZnO$ sein soll. Zinkweiß wird durch Schwefelsäure in ein basisches Zinksulfat verwandelt, dem noch Zinkoxyd zugemischt bleiben muß. Hierzu giebt man Kaliumbichromat und rührt nun lange Zeit, wobei jede Erwärmung vermieden werden muß. Die canariengelbe Verbindung tritt als Schaum an der Oberfläche auf.

Zinksalze im Allgemeinen. Nach V. Steger werden diejenigen Abgänge des Zinkhüttenprocesses auf Zinksalze verarbeitet, die zur Zinkweißfabrication unbrauchbar sind, und zwar geschieht dies in folgender Weise.[1] Die Abgänge werden in Schwefelsäure gelöst, und das Eisen wird durch Chlorkalk als Hydroxyd abgeschieden. Man filtrirt durch zwischen Flanell eingeschlossene Kokslösche und legt Zink in das Filtrat ein. Es gelangen Kupfer, Blei, Arsen und Antimon zur Abscheidung. Jetzt wird die Zinkvitriollösung zur Krystallisation gebracht, oft aber auch mit Kochsalz umgesetzt, um Zinkchlorid zu gewinnen. Letzteres kann man auch direct durch Auflösen der Abfälle in Salzsäure darstellen. Es wird gewöhnlich bei 150° geschmolzen und bei 700° sublimirt. Endlich ist auch das Schnabel'sche Verfahren brauchbar, nach dem die schweflige Säure des Hüttenrauchs an Zinkoxyd gebunden und Zinksulfit durch Wasser und Luft in Zinksulfat verwandelt wird. — Die Giftigkeit der Zinksalze ist nach A. Sacher nicht besonders groß; erst in größeren Mengen erzeugen sie Erbrechen, Durchfall und Veränderungen der Magenschleimhaut.[2] Bei intravenöser Injection

1) Berg- und Hüttenm. Ztg. 45. 1886 S. 255.
2) Chem. Centralbl. 1894¹ S. 642.

wirken sie als Herzgifte. Auch C. T. Moerner hat gefunden, daß ein Trinkwasser, welches 8 mg Zink als Carbonat im Liter enthielt, ein Jahr lang ohne jeden Nachtheil als Trinkwasser benutzt worden ist.[1]) Wenn nun also auch vielfach Wasser, welches durch verzinkte Eisenrohre gelaufen ist, zinkhaltig befunden wurde, so z. B. durch T. L. Phipson, P. A. E. Richards u. A.[2]), so scheint doch wenigstens keine besondre Gefahr für die Gesundheit mit dem Genusse solchen Wassers verbunden zu sein.

Osmium.

Osmium und Iridium bezeichnet man als „schwere Platinmetalle, da ihr specifisches Gewicht bedeutend höher liegt, als das der „leichten Platinmetalle“, die wir in den letzten drei Jahrgängen besprochen haben. Den Namen hat das Osmium vom Griechischen osme, Geruch, weil es ein flüchtiges, sehr stechend riechendes Tetroxyd OsO_4 bildet. In der Natur findet sich das Metall im Osmiridium mit Iridium legirt und wurde hierin 1804 von Tennant entdeckt; auch fehlt es nie im Platinerz und wird daher bei Aufarbeitung desselben als Nebenproduct gewonnen. Beim Erhitzen des Osmiridiums im Luftstrome destillirt das Osmiumtetroxyd in die Vorlage ab; aus ihm kann man durch Reduction das Metall gewinnen. Aus Lösungen schlägt man es mit Schwefelammon als Sulfid nieder, welches beim Erhitzen im Wasserstoffstrome Osmium hinterläßt. Da das im Handel befindliche Osmiumtetroxyd kaum Verunreinigungen enthält, so ist nach F. Mylius und R. Dietz auch das hieraus gewonnene Osmium rein.[3]) Seiner Seltenheit wegen ist das Osmium ein theures Metall; das Gramm wird mit 3 bis 4 Mark bezahlt.

Wird Schwefelosmium in einen Kohletiegel calcinirt, so hinterbleibt nach A. Joly und M. Vèzes das Metall als Pulver oder schwammige Masse von mehr oder weniger dunkelblauer Farbe.) Es läßt sich leicht in Luft oxydiren und riecht sehr stark nach Osmiumtetroxyd. Stellt man das Metall in der Weise her, daß man Dämpfe von OsO_4 durch eine stark erhitzte Kohlenröhre

1) Chem. Ztg. 22. 1898 Rep. S. 222.
2) Chem. News 74. 1996 p. 313. — 76. 1897 p. 293.
3) Berl. Ber. 31. 1898 S. 3190.
4) Compt. Rend. 116. 1893 p. 577.

gehen läßt, so erhält man es in Krystallen von schöner graublauer Farbe. Diese Krystalle haben D = 22·48. Erhitzt man sie in einem Kohletigel mit Hülfe des Knallgasgebläses, so kommt das Osmium nicht zur Schmelzung, sondern verflüchtigt sich, entweder als Metall oder als Tetroxyd. Aber im elektrischen Bogen in einer Kohlensäureatmosphäre ist es bei äußerst hohen Temperaturen zur Schmelzung zu bringen. Das geschmolzene Osmium zeigt graublaue Farbe und stark glänzende Oberfläche. Der Bruch ist krystallinisch und die Härte größer als von Glas und Quarz, aber geringer als die von Topas. Bei gewöhnlicher Temperatur ist es nicht oxydirbar. Das geschmolzene Osmium steht in seinem Character dem Ruthenium ziemlich nahe, mit dem es auch fast dasselbe Atomvolumen hat (Ru: 8·40, Os 8·46); es bildet wie das Ruthenium beim Erhitzen in Sauerstoff das Tetroxyd, und in ihren Sauerstoffverbindungen von saurem Character ähneln beide Metalle dem Mangan. Doch bildet das Osmium, wie Platin und Iridium, eine Chloridchlorwasserstoffsäure H_2OsCl_6, was Ruthenium nicht thut.

Das Atomgewicht des Osmiums wurde früher zu 198·6 angenommen, wie es Berzelius durch Analyse des Kaliumosmiumchlorids K_2OsCl_6 im Jahre 1828 erhalten hat; die Zahl ist auf H = 1 bezogen. K. Seubert hat die Bestimmungen wiederholt, und zwar ausgehend vom Kalium- und vom Ammoniumosmiumchlorid.[1]) Der mittlere Werth aller Bestimmungen war 191·12, welche Zahl noch immer zu hoch sein dürfte In der That ergaben erneute Untersuchungen, die immer noch um 0·2 % vom Atomgewichte unsicher sind, die Zahl 190·3 im Mittel. Neuerdings führt Seubert in seiner Atomgewichtstabelle für H = 1 den Werth Os = 189·3 an, während Erdmann 189·6 berechnet.[2]) Für O = 16 giebt Ostwald 191·6 und die Commissionstafel 191 an. Zwischen den einzelnen Gliedern der Platingruppe und dem Silber und Golde bestehen nach Seubert Beziehungen, die sich am besten durch die Anordnung

1) Berl. Ber. 21. 1888 S. 1839 — Lieb. Ann. 261. 1891 S. 257, 272.

2) Ztschrft. f. anorg. Chemie 13. 1896 S. 229. — Ztschrft. f. angew. Chemie 1899 S. 649.

Ru = 101·4	Rh = 102·7	Pd = 106·35	Ag = 107·66
Os = 190·3	Ir = 192·5	Pt = 194·3	Au = 196·7

ausdrücken lassen (sämmtliche Atomgewichte für H = 1). In derselben Verticalspalte stehen die verwandten Elemente.

Es sind fünf Osmiumoxyde bekannt, nämlich OsO Monoxyd, Os_2O_3 Sesquioxyd, OsO_2 Dioxyd, OsO_3 Trioxyd, OsO_4 Tetroxyd oder Anhydrid der Ueberosmiumsäure. Neuerdings haben H. Moraht und C. Wischin sich mit der Untersuchung von Sauerstoffverbindungen des Osmiums beschäftigt.[1]) Sie gingen dabei von einem chemisch reinen, namentlich auch iridiumfreien osmiumsauren Kalium $K_2OsO_4 + 2H_2O$ aus, welches kleine carmoisinrothe Octaëder bildet. Wird die klare rothviolette Lösung des Salzes, die zur Vorbeugung von Oxydationen mit Alkohol versetzt worden ist, im Wasserbade unter Durchleiten eines Wasserstoffstromes erhitzt, so entsteht ein schwarzer Niederschlag, der sich unter besonderen Bedingungen filtriren und auswaschen läßt und über Phosphorpentoxyd im Vacuum getrocknet werden muß. Die Zusammensetzung entspricht derjenigen der Osmiumsäure H_2OsO_4. Sie besitzt rußschwarze Farbe, riecht an feuchter Luft stark nach Osmiumtetroxyd, hält sich aber unter alkoholischem Wasser unverändert. In Salpetersäure und etwas langsamer in Königswasser löst sich die Osmiumsäure und geht in Ueberosmiumsäure über. In Salzsäure löst sich $HOsO_4$ erst in der Wärme zu einer olivengrünen Flüssigkeit, wobei etwas Chlor entweicht. Von Schwefelsäure wird H_2OsO_4 nicht angegriffen. Die Bildung der Osmiumsäure ist offenbar ein hydrolytischer Proceß: $K_2OsO_4 + 2H_2O = 2KOH + H_2OsO_4$. Wurde H_2OsO_4 in der Kälte der Einwirkung von trocknem Schwefelwasserstoff ausgesetzt, so erglühte die Masse und ging in ein braunes Pulver über, das von Säuren unter Schwefelwasserstoffentwicklung aufgenommen wurde und in seiner Zusammensetzung einem Osmiumoxysulfid $(OsSO)_2H_2O$ entsprach. Es war diese Verbindung offenbar nach der Reaction $2H_2OsO_4 + 4H_2S = (OsSO)_2H_2O + 5H_2O + S_2$ entstanden. Die Constitution des Körpers dürfte durch die Formel $\frac{H\text{-}S}{O} \gg Os\text{—}O\text{—}Os \ll \frac{S\text{-}H}{O}$ wiederzugeben sein; OsO_3 ist also zu OsO_2 reducirt worden. Das

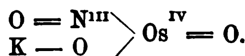
1) Ztschrft. f. anorg. Chemie 3. 1893 S. 155.

Oxysulfid besitzt übrigens die Eigenschaften einer Säure und bildet Salze. Wird es im Schwefelwasserstoffstrom erhitzt, so geht es in Osmiumdisulfid OsS_2 über, nach der Gleichung $(OsSO)_2H_2O + 2H_2O = 2OsS_2 + 3H_2O$. Will man dem Oxysulfid die Formel einer Sulfosäure geben, so müßte man es $Os_2O_3(SH)_2$ schreiben. — Die Oxydirbarkeit des Osmiums in Luft bei gewöhnlicher Temperatur ist schon 1859 durch H. St. Claire-Deville und H. Debray beobachtet worden. O. Sulc macht darauf aufmerksam, daß pulvriges Osmium bei 155° im Sauerstoffstrome keine Verflüchtigung durch Bildung von Tetroxyd zu erleiden erscheint, während gegen 170° in Sauerstoff und gegen 212° im Luftstrome diese Oxydation beginnt.[1]) M. Vèzes bemerkt, daß die Oxydirbarkeit des Osmiums wesentlich von seiner Vertheilung abhängt; so läßt sich sehr compactes Osmium bis über 412° erhitzen, ohne Dämpfe von Tetroxyd abzugeben, und im elektrischen Ofen geschmolzenes Osmium ist bei gewöhnlicher Temperatur nicht oxydabel.[2])

Besondere Derivate der Osmiumsäure sind die Osmiamate, über die A. Joly[3]) und L. Brizard[4]) Mittheilungen veröffentlicht haben. Schon 1847 hatten Fritsche und Struve eine Verbindung beschrieben, die Osmium, Stickstoff und Sauerstoff enthielt und den Character einer Säure trug. Das Kaliumsalz dieser Säure ist leicht herzustellen. Nach Joly löst man 100 g Osmiumtetroxyd in der Lauge aus 100 g Aetzkali und 50 g Wasser, erwärmt auf 40° und erhält längere Zeit bei dieser Temperatur, während man 40 ccm Ammoniaklösung (die Concentration ist nicht angegeben) hinzufügt. Die anfangs braune Flüssigkeit entfärbt sich und scheidet ein hellgelbes Präcipitat ab, welches man abfiltrirt und mit eiskaltem Wasser auswäscht. Man krystallisirt es durch Auflösen in siedenden Wasser mit darauf folgender Abkühlung um und bekommt schöne quadratische Octaëder des Kaliumosmiamats $KOsO_3N$, welches nach der Gleichung $OsO_4 + KOH + NH_3 = 2H_2O + KOsO_3N$ entstanden ist. Bei 200° zersetzt sich die Verbindung im luftleeren Raume unter Entwicklung von Stickstoff; der Rückstand scheint Kaliumosmat K_2OsO_4

1) Ztschrft. f. anorg. Chemie 19. 1899 S. 332.
2) Ebendas. 20. 1899 S. 230.
3) Compt. Rend. 112. 1891 p. 1442.
4) Bull. Soc. Chim. (3) 21. 1899 p. 170.

zu enthalten. Laugt man ihn mit Salzsäure aus, so hinterbleibt Osmiumdioxyd OsO_2. Wird dagegen das Kaliumosmiamat auf 440° erhitzt, so entweicht fast aller Stickstoff, und es hinterbleibt ein indigblaues krystallinisches Salz $KOsO_3$, das zu einer Säure $HOsO_3$ oder einem Osmiumpentoxyd Os_2O_5 gehören müßte; das Salz ist unlöslich und wird von Salzsäure nur langsam angegriffen. Die beiden Zersetzungsgleichungen wären also: $2KOsO_3N = N_2 + OsO_2 + K_2OsO_4$ und $KOsO_3N = N + KOsO_3$. Auch Brizard hat das Kaliumosmiamat hergestellt, und zwar in derselben Weise wie Joly. Wird die Lösung dieses Salzes mit Silbernitrat versetzt, so scheidet sich das sehr wenig lösliche Silberosmiamat $AgOsO_3N$ aus. Dieses wiederum setzt sich mit einer Salmiaklösung in der Weise um, daß sich eine Lösung von Ammoniumosmiamat NH_4OsO_3N bildet, aus der man durch Verdunstung im luftleeren Raume schöne Krystalle des Salzes erhält. Dieselben sind mit denen des Kaliumsalzes isomorph. — Nach Brizard sind die Osmiamate als Nitrosoverbindungen des Osmiums aufzufassen; das Kaliumosmiamat also vielleicht als



$$\begin{matrix} O = N^{III} \\ K - O \end{matrix} > \overset{IV}{Os} = O.$$

Den Halogen- und Oxyhalogenverbindungen des Osmiums haben Moraht und Wischin eingehendere Untersuchungen angedeihen lassen.[1]) Reingewinnung nnd Trennung der einzelnen Chloride ist außerordentlich schwierig. Auch gelingt es nicht, Osmiumpulver durch Erhitzen im Chlorstrome oder in einem Gemische aus Kohlenoxyd und überschüssigem Chlor vollständig zu chlorüren. Aehnlich verhielt sich auch die Osmiumsäure H_2OsO_4, die trotz vielstündigem Erhitzen mit Salzsäure (unter Zugabe von Alkohol) am Rückflußkühler nicht vollständig in die tief dunkelolivengrüne Lösung überging, sondern vielmehr einen ungelösten schwarzen Rückstand hinterließ. Die Lösung gab beim Abdampfen ebenfalls schwarze Ausscheidungen, weshalb im Vacuum über Schwefelsäure und Aetzkali bei gewöhnlicher Temperatur verdunstet werden mußte. Es hinterblieben dann große, anscheinend sechsseitige Pyramiden, in feuchter Luft dunkel

1) Ztschrft. f. anorg. Chemie 3. 1893 S. 165.

olivengrün, vollkommen trocken dagegen mennigroth von Farbe. Die Krystalle lösten sich in Wasser oder Alkohol mit dunkelgrüner Farbe und konnten unverändert daraus wieder erhalten werden. Sie besaßen sehr annähernd die Formel $Os_2Cl_7 + 7H_2O$, eine theoretisch unmögliche Osmiumverbindung. Weitere Untersuchungen ergaben denn auch, daß es sich um Gemische aus $OsCl_3$ und $OsCl_4$ handelte. Die alkoholische Lösung gab mit Chlorkalium sofort einen aus schönen rothen Octaëdern und Würfeln bestehenden Niederschlag von Kaliumosmiumchlorid K_2OsCl_6; aus dem Filtrate von diesem Niederschlage wurde das dunkelgrüne, krystallinische Salz $OsCl_3 + 3H_2O$ Osmiumtrichlorid bei Verdunstung im Vacuum erhalten. Nicht ganz sicher nachgewiesen wurde die Existenz einer Osmiumsuperchlorids $OsCl_8$ (bei der Reduction der Osmiumchloride im Wasserstoffstrom als gelblich weißer Anflug entstehend). — Auf nassem Wege wurde ferner aus Osmiumsäure ein Osmiumbromid gewonnen, das kleine prismatische Krystalle, anscheinend des rhombischen Systems, von dunkelrothbrauner Farbe bildete, die äußerst zerfließlich waren. Die Analyse ergab die Formel $Os_2Br_9 + 6H_2O$, so daß wahrscheinlich ein wasserhaltiges Gemisch von $OsBr_3$ und $OsBr_6$ vorlag. Eine Scheidung dieser Bromide gelang nicht. — Ein in ähnlicher Weise erhaltenes Osmiumtetrajodid zeigte Rhomboëder von violettschwarzer Farbe und starkem Metallglanz, die hygroskopisch bis zerfließlich waren. Sie besaßen die Formel OsJ_4. Die weingeistige Lösung des Tetrajodids schied beim Kochen ein schwarzes Oxyjodid aus. — Cyanide und Fluoride wurden nicht erhalten, wohl aber ein schwarzes Oxyfluorid. — Das Ammoniumosmiumchlorid $(NH_4)_2OsCl_6$ bildet den Hauptbestandtheil des von Mercier in Paris in den Handel gebrachten photographischen Tonbads Virage tricolar.[1]) Dasselbe erzeugt blaue und sepiafarbige Töne.

L. Brizard hat eigenthümliche Kaliumosmiumamidochloride hergestellt.[2]) Wird Kaliumosmiamat in alkalischer Lösung der Einwirkung von Formaldehyd HCOH ausgesetzt und die Mischung zum Sieden erhitzt, so bildet sich ein schwarzer gallert-

1) Chem. Ztg. 14. 1899 Rep. S. 270.
2) Compt. Rend. 123. 1896. p. 182.

förmiger Niederschlag, der sich in Salzsäure mit grüner Farbe löst. Fügt man zur salzsauren Lösung Kaliumchlorid hinzu und dampft ein, so hinterbleibt eine krystallinische Verbindung. Dieselbe erhält man ebenfalls, wenn man die salzsaure Lösung des Osmiamats mit Zinnchlorür reducirt, Chlorkalium zusetzt und eindampft. Es scheiden sich kleine glänzende Kryställchen von kastanienbrauner Farbe aus, die auf den polarisirten Lichtstrahl stark einwirken und in Wasser sich mit grüner Farbe lösen. Ihre Zusammensetzung führt zu der Formel $2KCl,OsNH_2Cl_3$, amidochlorosmiumsaures Kalium oder wohl richtiger Kaliumosmiumamidochlorid. Die wässrige Lösung wird beim Stehen violett und scheidet schließlich ein amorphes Pulver ab. Beim Erhitzen der Verbindung $2KCl,OsNH_2Cl_3$ im Chlorwasserstoffstrome entsteht $2KCl,OsCl_4$ oder K_2OsCl_6, Kaliumosmiumchlorid, auch Kaliumchloroosmat genannt. Die Lösung des Amidochlorids ist ein gutes Reductionsmittel.

Ueber den chemischen Character des Osmiums und seiner Verbindungen im allgemeinen wäre nach Moraht und Wischin folgendes auszusagen. Die beständigste und am leichtesten erhältliche Osmiumverbindung ist das Tetroxyd OsO_4, die sog. Ueberosmiumsäure, ein Körper von stark sauren Eigenschaften. Mit abnehmendem Sauerstoffgehalte nimmt auch der Säurecharacter der Oxyde ab. H_2OsO_4 ist noch eine schwache Säure, Os_2O_3 und OsO_2 haben keinen sauren Character. Die Alkalisalze der Osmiumsäure sind im trocknen Zustande recht beständig; aber durch Wasser werden sie unter gewissen Bedingungen zersetzt, wobei die Säure frei wird. Aehnlich verhält sich auch ruthensaures Kalium. — Die Neigung der Osmiumsäure, bei gegen 100^0 mit Halogenwasserstoffsäuren Oxyhalogenverbindungen zu liefern nimmt mit wachsendem Atomgewicht des Halogens ab; umgekehrt entstehen neutrale Salze in saurer Lösung am leichtesten mit dem Jodwasserstoff, während Flußsäure überhaupt kein neutrales Fluorid mehr liefert. Die Beständigkeit der Halogenverbindungen nimmt mit steigendem Atomgewicht des Halogens ab.

Organische Verbindungen.

Acetylen.

Noch immer macht sich in weiten Kreisen aller Kulturvölker ein lebhaftes Interesse an dem „Gase der Zukunft", dem Ace-

tylen, geltend, und nicht immer ist, was die Tagesblätter darüber bringen oder sog. populäre Broschüren und Bücher darüber berichten, der Wahrheit entsprechend. Es wird deshalb angezeigt sein, eine kurze Darstellung dessen zu versuchen, was wir heute über den Kohlenwasserstoff Acetylen, seine Darstellung und Verwendung sicheres wissen, wobei wir an die schon früher gemachten Mitteilungen (Jahrb. 31. 1895 S. 317 bis 336) anknüpfen. Auf eine nochmalige Besprechung der Darstellung des Calciumcarbids, welches bekanntlich das eine Rohmaterial für die heutige Art der Acetylengewinnung bildet, müssen wir allerdings verzichten, und ebenso wird Niemand, der einige Kenntniß von dem Umfange der das Acetylen betreffenden Literatur besitzt, eine auch nur annähernd vollständige Berücksichtigung aller Arbeiten, Patente u. dgl. m. erwarten, die seit 1895 mit Bezug auf Acetylen erschienen sind.

Wir beginnen mit einem Referate über einen Vortrag von P. Wolff, welcher den heutigen Stand der Acetylenbeleuchtung behandelt[1]), und versuchen auf diese Weise zunächst einen Ueberblick zu gewinnen. — Das Calciumcarbid wird durch Erhitzen von Kalk mit Kohle im elektrischen Ofen gewonnen; $CaO + 3C = CO + CaC_2$. Es liefert beim Uebergießen mit Wasser das Acetylen: $CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$. Die Hauptmasse des Carbids wird in Amerika erzeugt; Anfang 1898 wurden in den Vereinigten Staaten ungefähr 10000 t hergestellt, welcher Betrag aber inzwischen bedeutend gewachsen sein dürfte. In Deutschland beginnt die Carbidindustrie erst, sich zu entwickeln; ähnlich ist es in der Schweiz, in Oesterreich, Frankreich u. s. w. Die Gestehungskosten des Carbids belaufen sich für 1000 kg auf 150 bis 200 Mk., so daß der Verkaufspreis im Großen zunächst 35 bis 40 Pf., im Kleinen etwa 10 Pf. mehr für das Kilogramm betragen wird. Die Darstellung des Acetylens aus Calciumcarbid erschien so einfach, daß zahllose Unberufene hier ein Gebiet für speculative Neigungen und Erfindungslust gefunden glaubten. Die Folge davon waren zahlreiche Explosionen mit zum Theil für die Betheiligten traurigem Ausgange. Da fing man an, mit dem Acetylen den Begriff besondrer Gefährlichkeit zu verbinden, und die Regierungen erließen Bestimmungen für Acetylengasanlagen, die einem Verbote fast gleich waren; erst

1) Ztschrft. f. angew. Chemie 1898. S. 919, 933.

nach nnd nach traten Milderungen in dieser Beziehung ein. Was die Gefährlichkeit des Acetylens anlangt, so ist zunächst die Giftigkeit des Gases viel geringer, als die des Leuchtgases; die Explosibilität läßt sich zwar nicht leugnen, ist aber nur zum Theil in besonderen Eigenschaften des Acetylens zu suchen. Die meisten Acetylenexplosionen beruhen auf Bildung einer Explosivmischung aus diesem Gase mit Luft, finden also unter Bedingungen statt, unter denen auch Leuchtgas explodiren würde. Dabei muß allerdings zugegeben werden, daß Mischungen von Acetylen und Luft in viel weiteren Grenzen (3 bis 82% Acetylen im Gemische) explosibel sind, als solche aus Leuchtgas und Luft (8 bis 28% Gas im Gemische), und daß Acetylenexplosionen etwas größere Gewalt entwickeln, als Leuchtgasexplosionen. Andrerseits ist zu beachten, daß für dieselbe Lichtstärke weit weniger Acetylen als Leuchtgas verbrannt und ferner ein Austreten des Acetylens in die Luft viel schneller durch den Geruch entdeckt wird, als ein Ausströmen von Leuchtgas. Die besondre Eigenschaft des Acetylens, die zu seiner Explosibilität beiträgt, liegt in dem endothermischen Character der Verbindung. Im allgemeinen wird bei einer chemischen Reaction, die zur Bildung einer Verbindung führt, Wärme frei; die entstehende Verbindung heißt dann exothermisch und bei ihrer Zersetzung wird Wärme gebunden. Das Acetylen gehört aber zu der ihrer Zahl nach kleineren Gruppe von Verbindungen, die endothermisch sind, d. h. bei ihrer Bildung Wärme binden und bei ihrer Zersetzung diese Wärmemenge frei werden lassen. Die frei werdende Wärme wird die Zersetzung des Gases beschleunigen, so daß eine sehr große Reactionsgeschwindigkeit erreicht wird. Wenn in einer größeren Menge von Acetylen an einem Punkte die Zersetzung eingeleitet wird, so müßte sie sich sofort durch die ganze Masse verbreiten, was wir eben Explosion nennen. Bei gewöhnlichem Drucke ist dies nun aber nicht der Fall, weil die Abgabe der Wärme an die Gefäßwandungen, die Luft u. s. w. genügt, um die Erwärmung in Folge der an einer Stelle eingetretenen Zersetzung auf ein unbedenkliches Maaß herabzumindern. Erst bei 2 Atmosphären Druck beginnt das Acetylen explosibel zu werden, und seine Explosibilität steigert sich mit zunehmendem Drucke, so daß es bei 38 Atmosphären (bei welchem Drucke es, die Temperatur von 0° vorausgesetzt, sich verflüssigen läßt) durch Explosion einen Druck von 5500 Atmosphären aus-

üben kann, etwa soviel wie Schießbaumwolle. Es ist also bei der Verwendung von Acetylen zu Beleuchtungszwecken, falls Explosionen vermieden werden sollen, erstens Luftzutritt zum Gase, wie die Annäherung von offenen Flammen an Entwickler oder Gasometer zu vermeiden, und zweitens soll man nicht direct mit comprimirten oder flüssigen Acetylen arbeiten, auch ein stärkeres Anwachsen des Druckes während der Gasentwicklung verhindern. Dagegen hat sich eine andre Vorsicht als überflüssig erwiesen, nämlich die, mit dem Acetylen niemals Kupfer oder Kupferlegirungen in Berührung zu bringen. Acetylen bildet mit Kupferlegirungen überhaupt nicht und mit Kupfer unter den hier in Frage kommenden Bedingungen nicht das explosible Acetylenkupfer. Man kann sagen, daß Acetylen bei niedrigem Drucke nicht gefährlicher ist als jedes andre brennbare Gas; gefährlich wird es nur durch falsche Behandlung und schlecht construirte Apparate.

Die Construction der Acetylenentwickler bereitet mehr Schwierigkeiten, als die der sonst gebrauchten Gasentwickler auf nassem Wege. Es liegt das an verschiedenen Eigenthümlichkeiten der Reaction zwischen Calciumcarbid und Wasser. Erstens ist die Acetylenentwicklung unregelmäßig und erfolgt unter großen Druckschwankungen; denn anfangs, wo Carbid und Wasser in freier Berührung sind, entwickelt sich das Gas stürmisch, um nach einiger Zeit nur noch langsam zu entweichen, weil das Carbid sich mit Kalk bedeckt hat. Wenn jetzt aus irgend einem Grunde die Kalkkruste durchbrochen wird, so beginnt das Spiel von neuem. Zweitens ist die Nachentwicklung ein großer Uebelstand der Acetylenbereitung aus Calciumcarbid und Wasser. Wenn die Berührung zwischen Carbid und freiem Wasser unterbrochen wird, so bleibt doch noch viel Feuchtigkeit am Carbid selbst haften und ebenso in Form von Wasserdunst im Carbidbehälter zurück. Der Wasserdampf ist in Folge der Reactionswärme entstanden und verdichtet sich zu Tropfen, wenn die Temperatur sinkt. Auch soll Kalk bei 60⁰ doppelt soviel Wasser aufnehmen, als in der Kälte, und würde also beim Erkalten ebenfalls Wasser frei werden lassen. Da nun das Carbid äußerst hygroskopisch ist, so reißt es alle Feuchtigkeit an sich und entwickelt fortwährend Acetylen weiter, so lange noch nicht alles Wasser verbraucht ist; erst wenn die Rückstände im Entwickler auf solche Weise völlig trocken

geworden sind, hört die Nachentwicklung auf. Drittens muß auf die Selbsterhitzung des Acetylens Rücksicht genommen werden. Theoretisch müßte bei der Reaction zwischen Carbid und Wasser soviel Wärme erzeugt werden, daß die Temperatur von 1100⁰ erreicht würde. Wegen der Wärmeabgabe an die Gefäße, an das Wasser u. s. w. wird diese Temperatur nie erreicht; es ist aber zu beachten, daß reines Acetylen bei 780⁰ und Acetylen-Luftgemische bei 480⁰ bereits zersetzlich sind. Diese drei Punkte nun müssen bei dem Bau und Betriebe der Acetylenentwickler berücksichtigt werden, und es ist kaum möglich, in jeder Beziehung die besprochenen Schwierigkeiten praktisch zu überwinden.

Es giebt drei Arten von Acetylenentwicklern. Die Entwickler der ersten Klasse sind nach dem Princip der Kipp'schen Apparate construirt (Tauchsystem), deren Einrichtung als bekannt vorausgesetzt werden kann. Das Carbid ist in einem Korbe an der Glocke des Gasometers aufgehängt; berührt es das Wasser, in welchem die Glocke schwimmt, so beginnt sofort die Gasentwicklung, und das Gas sammelt sich unter der Glocke an, diese hebend. Hierdurch wird auch das Carbid wieder aus dem Wasser gezogen und die Gasentwicklung so lange unterbrochen, bis in Folge von genügendem Gasverbrauch aus der Glocke diese wieder in das Wasser zurückgesunken ist. Der erste Fehler des Systems liegt in der langen Nachentwicklung. Dieselbe beträgt bei 1 kg Carbid in der ersten halben Stunde 7·5 Liter, in den ersten 24 Stunden 25 Liter, nach 3 Tagen 50 Liter und dann weiter für je 24 Stunden 5 bis 6 Liter. Sie setzt sich, der fortwährend entstehenden Wasserdämpfe wegen, so lange fort, bis alles Carbid aufgebraucht ist. Man kann diese Nachentwicklung hauptsächlich dadurch abschwächen, daß man den Carbidbehälter in eine enge Röhre auslaufen läßt und so die Oberfläche des Wasserspiegels verringert. — Der zweite und noch bedenklichere Mangel des Tauchsystems ist in der starken Erhitzung des Carbids zu suchen, wenn dieses nicht mehr mit dem Wasser in directer Berührung steht. Es bildet sich zunächst auf Kosten der Reactionswärme Wasserdampf, der durch das Carbid aufwärts streicht, hier sich mit dem Carbid von neuem umsetzend und so von neuem Wärme erzeugend. Die Temperatur steigt dabei im Inneren des Carbids so hoch, daß dasselbe theilweise glühend wird. Eine äußere Kühlung des Generators kann bei der Plötzlichkeit der Erhitzung keinen

Nutzen stiften. Gefahrvoll ist diese Hitze namentlich zu Anfang der Arbeit, wo sich noch Luft im Entwickler befindet. Späterhin vermindert sich, falls keine stärkeren Drucksteigerungen eintreten, zwar die Explosionsgefahr, aber das Acetylen polymerisirt sich theilweise, was Verstopfung der Gasableitungen und Brenner sowie Schwächung der Lichtintensität und Aenderung der weißen Farbe der Flammen zur Folge hat. — Als Regel sollte gelten, das Tauchsystem höchstens auf Entwickler für etwa 1 kg Carbidbeschickung anzuwenden.

Die Entwickler der zweiten Art sind Apparate, bei denen das Wasser auf das Carbid tropft (Tropfsystem). Das Carbid befindet sich in einem oder mehreren Behältern, über denen ein Wasserbassin mit Zulaufröhre zum Carbid angeordnet ist. Das Wasser tropft auf, die Gasentwicklung beginnt, das Gas entweicht nach dem Gasometer. Bei einem gewissen Höhenstande des letzteren schließt sich der Hahn des Wasserzulaufs automatisch und öffnet sich erst wieder beim Fallen der Gasometerglocke. Hier kommt also das Wasser mit den oberen Schichten des Carbids in Berührung, wird (so weit es nicht in Reaction eingetreten ist) vollständig verdampft, entzieht hierdurch dem Carbid einen guten Theil der Reactionswärme und entweicht mit dem Acetylen, ohne das übrige Carbid durchstreichen zu müssen. Hier wird also eine zu hohe Erhitzung vermieden und auch die Nachentwicklung vermindert; aber Apparate mit mehr als 3 kg Carbidbeschickung lassen sich in solcher Weise nicht im Betriebe erhalten. Bei größeren Apparaten müßte man das Wasser im Strahl zulaufen lassen und würde dann das gesammte Carbid benetzen, so daß dieselben Nachtheile wie bei Apparaten der ersten Gattung zur Geltung kämen.

Die Entwickler der dritten Klasse lassen das Carbid in einen großen Ueberschuß von Wasser einfallen und sind die Apparate der Großindustrie. Hier wird jedes eingeworfene Stück vollkommen zersetzt, weshalb die Nachentwicklung in Wegfall kommt. Die Reactionswärme wird vom Wasser aufgenommen, so daß Temperaturen über 50° nicht vorkommen. Aber die Arbeit ist hier nur schwer automatisch zu regeln, denn das Carbid ist so hart, daß es nur schwer in die für selbstthätige Zuführung nötige gleichmäßige Stückengröße gebracht werden kann, und so muß die Nachfüllung mit der Hand geschehen. Natürlich darf im Augenblicke des Zugebens von Carbid kein Gasverlust

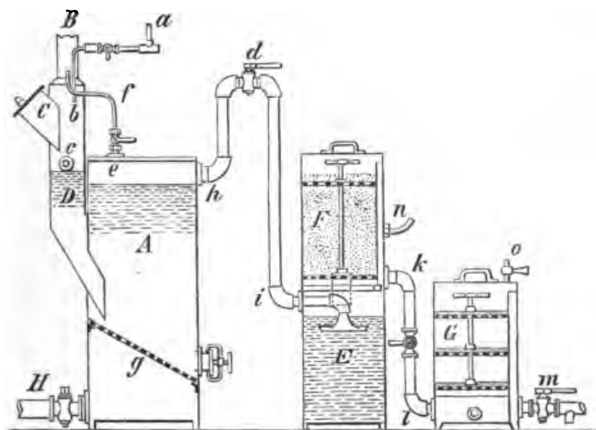
oder Eindringen von Luft in den Entwickler stattfinden, was durch hydraulischen Verschluß (z. B. nach den Angaben von Pictet; siehe später) verhindert wird.

Besonderen Werth hat man auf die Reinigung des Acetylens zu legen. Das Carbid enthält nämlich eine Reihe von Verunreinigungen, die ebenfalls durch Wasser zersetzt werden und hierbei gasförmige Producte an das Acetylen abgeben. Namentlich findet man Schwefel- und Phosphorwasserstoff, sowie Ammoniak im rohen Acetylen, in geringen Beträgen auch Silicium- und Arsenwasserstoff, organische Schwefelverbindungen u. s. w. Stets sind auch kleine Mengen von Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff vorhanden, die aber keinen schädlichen Einfluß auf Verhalten und Verwendbarkeit des Gases ausüben. Wie Schwefelwasserstoff sich bilden kann, steht noch nicht fest; derselbe muß hauptsächlich seiner Giftigkeit wegen entfernt werden. Ammoniak entsteht wohl aus Stickstoffverbindungen des Calciums und Magnesiums, Phosphorwasserstoff sicher aus dem Phosphorcalcium, welches im Calciumcarbid enthalten ist. Das Ammoniak kann zur Bildung des explosiblen Acetylenkupfers Veranlassung bilden; der Phosphorwasserstoff greift alle Metalltheile, namentlich aus Kupfer oder Kupferlegirungen bestehende Leitungen, Hähne, Ventile u. s. w. so stark an, daß schnelle Abnutzung, ja Verschmierung und Verstopfung die Folge sind. Auch vermindern sämmtliche Verunreinigungen die Leuchtkraft des Gases und geben schädliche oder lästige Verbrennungsproducte; namentlich liefert Phosphorwasserstoff deutliche Nebel von Phosphorsäure. Endlich sind Phosphor- und Siliciumwasserstoff (über dessen Bildung noch nichts sichres feststeht) selbstentzündliche Gase und wahrscheinlich Ursache mancher Acetylenexplosionen. — Das Beste wäre nun, das Calciumcarbid aus reinem Kalk und reiner Kohle herzustellen, sodaß die Bildung der genannten Verunreinigungen ganz vermieden würde. Das ist aber auf technischem Wege nicht zu erreichen, und so muß zur Reinigung des Gases verschritten werden. Man wäscht die Gase entweder nach der Methode von A. Frank mit einer stark salzsauren, concentrirten Kupferchloridlösung oder reinigt sie nach dem von Lunge und Cedercreutz angegebenen und von P. Wolff ausgearbeiteten Verfahren mittels Chlorkalk. Die saure Kupferchloridlösung bindet das Ammoniak zu Salmiak und bildet mit Phosphorwasserstoff Kupferphosphid, mit Schwefelwasserstoff Schwefel-

kupfer; nur ist die Anwendung dieser Lösung bei Reinigung großer Gasmassen etwas unbequem. Bei der Chlorkalkreinigung müssen Ammoniak und Schwefelwasserstoff schon vorher beseitigt sein, ersteres ganz vollständig, z. B. durch Waschen mit Chlorcalciumlösung; dann läßt man das Gas durch Chlorkalk streichen, der den Phosphorwasserstoff oxydirt.

Die Gesammteinrichtung einer Acetylengasfabrik geht aus Figur 8 hervor. Aus einem hochgelegenen Wasserbehälter läßt man durch a b zunächst Wasser einlaufen, welches

Fig. 8.



(bei geschlossenen Hähnen c d) die Luft aus dem Entwickler A durch Rohr e f in den Schornstein B jagt und schließlich am oberen Ende von f überläuft. Jetzt ist alle Luft aus dem Entwickler ausgetreten, und man stellt directe Verbindung zwischen A und dem Gasometer her, welch letzteres noch von der vorangegangenen Arbeitsperiode her mit Acetylen gefüllt ist. Durch Druckausgleich zwischen Gasometer und Entwickler dringt Gas in A ein, wodurch der Raum über dem Wasser in A mit reinem Gas erfüllt wird. Der Wasserablauf erfolgt durch Ueberlaufhahn c. Nunmehr wird e f verschlossen, d geöffnet und durch C Calciumcarbid in den Fülltrichter D geworfen. Dasselbe fällt auf die schiefe Ebene g, und die Gas-

entwicklung beginnt. Durch die Beschickung wird noch etwas Wasser aus c verdrängt; ist endlich der normale Betriebswasserstand erreicht, so wird c verschlossen. Das Gas steigt von g aus senkrecht in A auf und entweicht durch h d i nach dem Wäscher E, in dem sich eine Chlorcalciumlösung befindet. Hier wird alles Ammoniak und ein Theil des Schwefelwasserstoffs absorbirt. Das Gas steigt nach dem Reiniger F auf, der mit Chlorkalk oder Chlorkalkgemischen gefüllt ist. Für größere Anlagen sind mehrere solche Reiniger hinter einander zu schalten. Das Gas wird hier von dem Phosphorwasserstoff befreit und gelangt durch k l nach dem Trockner G, der Wasserdämpfe, Chlorgas u. s. w. beseitigt, und entweicht endlich durch m nach dem Gasometer. F und G besitzen (was aus der Zeichnung nicht ersichtlich ist) hydraulischen Verschluß; n führt nach einem Manometer, o ist ein Probirhahn. Außerdem sind Gasmesser und Druckregulator vorhanden, wie bei jeder Leuchtgasfabrik. Bei sehr großen Anlagen wird zwischen A und E ein Condensator angeordnet, in welchem das Acetylen gekühlt und mechanisch von Wasserdampf und Staubtheilchen befreit wird. Zur Reinigung des Entwicklers verfährt man wie vor der Beschickung, d. h. man füllt bei geschlossenen Hähnen c und d den Entwickler A ganz mit Wasser, so daß alles Gas nach e f B getrieben wird. Oeffnet man dann nach Abstellung des Wasserzulaufs den Ablaßstrang H, so wird durch f e reine Luft nachgesaugt. Es ist bei dieser Art des Betriebs völlig ausgeschlossen, daß Luft-Acetylenmischungen sich irgend wo in den Theilen des Apparats bilden und ansammeln könnten.

Die Beleuchtung mit Acetylen hat die Schwierigkeit zu überwinden, die in dem hohen Kohlenstoffgehalt des Gases liegt. Kohlenstoffreiche Gase verlangen reichlichen Luftzutritt, sonst verbrennen sie mit rußender Flamme; für Acetylen würden gewöhnliche Gasbrenner, die für kohlenstoffarmes Gas bestimmt sind, nicht verwendbar sein. Man hat drei Mittel, eine tadellos leuchtende Acetylenflamme zu erreichen. Erstens kann man die gewöhnlichen Leuchtgasbrenner benutzen, muß aber die Ausströmungsöffnungen so stark verengen, daß nur ganz dünne und somit der Außenluft leicht zugängliche Flammen entstehen. Zweitens kann man den Druck des Gases verstärken, was das Mitreißen einer größeren Luftmenge zur Folge hat. Endlich kann man die Berührungspunkte zwischen Acetylen und Verbrennungsluft dadurch

vermehren, daß man dem Acetylen andre Gase wie Luft, Stickstoff, Wasserstoff oder Methan zumischt; die Luftzumischung dürfte jedoch erst im Brenner geschehen, da Luft-Acetylengemische ja explosibel sind. — Beachtet werdeu muß für alle Acetylenbrenner, daß das Acetylen in der Hitze sich leicht polymerisirt, ja auch in Kohlenstoff und Wasserstoff zersetzt. Diese Vorgänge können ebensowohl in den Theilen der Flamme erfolgen, in denen keine ausreichende Verbrennung stattfindet, wie auch bereits in der durch die Flamme

Fig. 9.

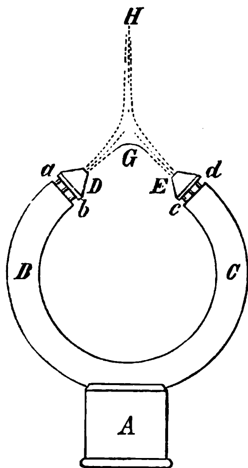
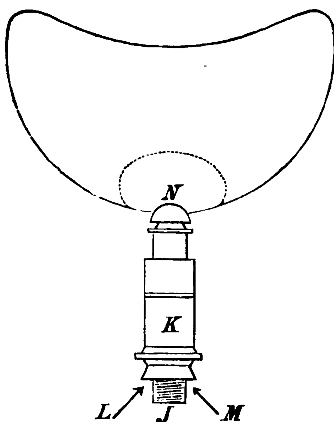


Fig. 10.



ja erhitzten Gaszuleitungsröhre in der Nähe des Brennerkopfs und in diesem selbst. Die Polymerisationsproducte oder der abgeschiedene Kohlenstoff verstopfen dann die Ausströmungsöffnungen. Aus diesem Grunde sind die Schnittbrenner für Acetylen nicht wohl verwendbar, etwas besser die Zweilochbrenner (Braybrenner), in denen das Gas aus zwei im Brennerkopf vorhandenen feinen und gegen einander geneigten Bohrungen ausströmt, so daß sich die beiden Gasströme treffen und zu einer flachen Gasschicht ausbreiten. Am besten sind jedoch die Mischgasbrenner, da man für sie weite Brenneröffnungen, welche sich nicht leicht verstopfen, anwenden kann. Die Allgemeine Carbid- und Acetylen-

gesellschaft in Berlin empfiehlt die in Fig. 9. und 10 dargestellten beiden Brenner. Der erste ist ein Zweilochbrenner besondrer Art mit Luftzuführung. Das Gas tritt durch die Bohrung von A ein und theilt sich sodann in zwei Ströme, welche die Bohrungen der Metallröhren B und C durchlaufen. Sie treten durch feine Bohrungen an der Stelle in die aus Speckstein hergestellten Brennerköpfe D und E ein, wo zwischen a b und c d am Umfange 4 Luftlöcher angeordnet sind, und strömen mit Luft gemischt durch die weiten äußeren Oeffnungen von D und E aus, worauf sie bei G sich treffen. Hier entsteht nun die senkrecht zur Bildebene stehende und über den Mündungen der Brenner schwebende Flamme GH. Die Brennermündungen bleiben ziemlich kühl, verstopfen sich schwer und lassen sich leicht reinigen. Der Gasverbrauch beträgt für die Kerzenstunde 0·6 bis 0·7 Liter. Noch etwas günstiger stellen sich die Verhältnisse für den in Fig. 10 dargestellten Hohlkopfschnittbrenner. Durch J strömt das Gas ein und im Inneren des Metalltheils K aus einer Düse aus, die von Luftlöchern umgeben ist. Die Luft wird von L und M her angesaugt. N ist der eigentliche Brenner. Hier werden für die Kerzenstunde 0·6 bis 0·65 Liter Acetylen verbrannt.

Auch als Heizgas ist das Acetylen vortrefflich zu verwenden, da seine Verbrennungwärme etwas mehr als 2·5 mal so groß ist, wie die des Steinkohlengases; man kann daher in geeignet construirten Bunsenbrennern, die mit Acetylen gespeist sind, leicht Temperaturen erzeugen, in denen Kupfer und Nickel schmelzen (etwa 1400°).

Was die Kosten der Acetylenbeleuchtung anlangt, so kann man dabei den Carbidpreis mit 40 Pfg. für das Kilogramm, die Acetylenausbeute mit 300 Liter ansetzen. Unter Annahme von 1·33 M. Materialverbrauch und 10% Amortisation und Verluste käme dann 1 cbm Acetylen auf rund 1·5 M. zu stehen. Für eine 16 kerzige Flamme findet pro Stunde ein Verbrauch von 11 Liter Acetylen statt; die Kosten betragen also 1·65 Pfg., während die Kosten für eine solche Flamme, die mit Leuchtgas gespeist wird, im Schnittbrenner 3 und im Auerbrenner 0·54 Pfg., für eine elektrische Glühlampe von gleicher Stärke da 3·5 Pfg. ausmachen würden. Die Acetylenbeleuchtung ist also jedenfalls theurer als die Auerlichtbeleuchtung. Sie würde erst dann eben so billig sein, wenn das Kilogramm Carbid für 15 Pfg. zu

haben wäre, ein Fall, der wahrscheinlich nie eintreten wird. Immerhin muß darauf hingewiesen werden, daß 16 kerziges Auerlicht sich überhaupt nicht wohl erzeugen läßt, die Flamme vielmehr stets viel mehr Licht ausstrahlt, daß weiter Gasglühlicht stärkere Abnutzung der Brenner (Strümpfe und Cylinder) und geringere Bequemlichkeit in der Handhabung besitzt, als Acetylengaslicht, und daß man schließlich auch mit Acetylen ein Gasglühlicht erzielen kann. Acetylenbeleuchtung empfiehlt sich vorläufig überall da, wo Gas und Elektricität nicht zu haben oder zu theuer sind, und ferner wo besondre ästhetische Wirkungen des Beleuchtungskörpers gewünscht werden, denn Acetylengasleitungen brauchen nicht viel stärker zu sein, als die Leitungen für Elektricität (biegsame Bleirohre von 2 bis 3 mm Weite).

Nach diesem Ueberblicke erübrigt noch die genauere Ausführung einzelner Punkte und insbesondere die Besprechung einiger Eigenschaften des Acetylens, die bisher nur kurz berührt wurden. Bei der außerordentlichen Fülle des vorliegenden Materials müssen wir uns aber auf das Wichtigste beschränken.

Eigenschaften des Acetylens. Das aus gewöhnlichem Calciumcarbid hergestellte Acetylen hat einen unangenehmen Geruch, der etwas an den des Phosphorwasserstoffs, wie auch des Knoblauchs erinnert. Es scheint jedoch, als sei das reine Acetylen wenn auch nicht geruchlos, so doch von weit angenehmerem Geruche, der von Einzelnen sogar als ätherisch bezeichnet wird. Während allerdings der starke Geruch des Acetylens seine Gefährlichkeit insofern vermindert, als man seine Anwesenheit in Luft sofort wahrnimmt, ist er andrerseits doch auch vielfach ein Hinderniß, z. B. bei allen Lampen, die den Gasentwickler in ihrem Fuße tragen. F. Ullmann schlägt daher vor, das technische Calciumcarbid mit Oxydationsmitteln (Manganate, Mangansuperoxyd, Bleisuperoxyd, Eisenchlorid u. s. w.) zu vermengen, welche bei Zutritt des Wassers entwickelte Verunreinigungen des Acetylens durch Oxydation beseitigen und so das Gas geruchlos machen sollen (D. R. P. 98762).[1]) — Die Dichte des Acetylens hat A. Leduc zu 0·9059 gefunden, glaubt aber wegen noch vorhandener Verunreinigungen des Gases die Zahl auf 0·9056 verbessern zu müssen.[2]) Die Werthe scheinen für 0° zu gelten. —

1) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 759.
2) Ann. Chim. Phys. (7.) 15. 1898 p. 35.

Die Löslichkeit in Wasser ist ziemlich groß (bei 15° etwa gleiche Volumina); Chloroform und Benzol lösen das Gas viermal so reichlich, und das beste Lösungsmittel für Acetylen scheint Aceton zu sein. Nach G. Claude und A. Heß nimmt nämlich Aceton (CH_3COCH_3) bei 15° sein 25 faches Volumen an Acetylen auf[1]), während 1 Lit. Aceton bei 12 Atm. Druck ungefähr 300 Lit. Acetylen, also die Gasmenge absorbirt, die 1 kg Calciumcarbid liefert. Das Aceton vermehrt bei der Acetylenabsorption sein Volumen für jede Atmosphäre Drucksteigerung um 0·04, weist also bei 12 Atm. ungefähr das 1·5 fache Anfangsvolumen auf. Es würde das auf eine Dichte des durch Lösung verflüssigten Acetylens von 0·7 führen, während flüssiges Acetylen nur die Dichte 0·4 besitzt. Erwärmt man die Lösung um 30°, so vermehrt sich der Druck im Gefäße auf das Doppelte, bei flüssigem Acetylen auf das Dreifache, so daß man zur Aufbewahrung der Lösung dünnwandigere Gefäße benutzen kann, als für flüssiges Acetylen. Es wird der Vorschlag gemacht, Lösungen von Acetylen in Aceton unter Druck herzustellen und durch allmähliche Aufhebung des Drucks dann einen regelmäßigen Acetylenstrom zu erzeugen; das schließlich zurückbleibende fast gasfreie Aceton würde von neuem mit Gas zu beladen sein. — Die Verflüssigung des Acetylens geschieht nach R. Pictet am besten so, daß man das gereinigte Acetylen aus dem Gasometer zunächst in einen Vorkühler pumpt, in welchen es durch eine Mischung aus verflüssigtem Schwefel- und Kohlendioxyd auf —20° gebracht wird.[2]) Der Vorkühler ist innen mit Putzwolle gefüllt, die die letzten Spuren von Feuchtigkeit auffaugt. So getrocknet und gekühlt kommt das Gas in die Druckpumpe und wird unter 8 Atm. Druck in ein Rohr gepreßt, das durch die schon erwähnte Mischung auf —80° gekühlt ist. Hierbei tritt Verflüssigung ein, und die Flüssigkeit wird nunmehr in gleichfalls auf —80° erkältete eiserne Flaschen abgelassen, und zwar unter gleichzeitiger Bestimmung des Gewichtes der einlaufenden Flüssigkeit. Nach T. Elkan dürften die Flaschen bei 3 Liter Fassungsraum nur mit 1 Liter flüssigem Acetylen gefüllt werden, und die Flaschen selbst müßten auf der Berührungsfläche mit dem Acetylen frei von Kupfer oder Kupferlegirungen sein[1]),

1) Compt. Rend. 124. 1897 p. 626.
2) Ztschrft. f. angew. Chemie 1898 S. 40.
3) Journ. f. Gasbel. 40. 1897 S. 149.

während Pictet für reines flüssiges Acetylen diese letztere Vorsicht für überflüssig erklärt, auch behauptet, daß mit solchem Acetylen gefüllte Flaschen selbst heftige Stöße ohne Explosion vertrügen. Nach P. Villard übt das flüssige Acetylen bei 0° einen Druck von 26·05 und bei 15° von 37·9 Atm. aus.[1]) Nach Pictet besitzt es bei 4° die Dichte 0·42 und wäre somit die leichteste Flüssigkeit die wir kennen.[2]) Der Brechungsexponent der Flüssigkeit ist so gering, daß man bei verdecktem Meniscus die Anwesenheit von flüssigen Acetylen in einer theilweise gefüllten Röhre nicht bemerkt. Der Ausdehnungscoëfficient beim Erwärmen ist außerordentlich hoch, während die Dampfspannungen sehr gering sind. Pictet giebt für 1·6° 21·5, für 14·1° 29 und für 47° 68 Atm. an, Zahlen, die sich auf ganz reines flüssiges Acetylen beziehen. Die kritische Temperatur liegt bei 37·05°. Das flüssige Acetylen wird beim Sieden unter Luftdruck (angeblich —85°) fest. Das feste Acetylen schmilzt bei —81° und ist dann nach Villard specifisch schwerer als die Flüssigkeit. Auf polarisirtes Licht ist es ohne Einwirkung. Beim Schmelzpunkt übt es eine Maximaltension von 1·25 Atm. aus. — Bringt man flüssiges Acetylen bei 0° mit Wasser zusammen, so entsteht im geschlossenen Apparate ein Acetylenhydrat, welches bei —60° erstarrt und in diesem Falle der Formel $C_2H_2,6H_2O$ entspricht.

H. C. Jones und C. R. Allen machen darauf aufmerksam, daß die Wasserstoffatome des Acetylens den Character von Säurewasserstoff tragen und Acetylen in demselben Sinne als eine schwache Säure anzusprechen ist, wie Schwefelwasserstoff.[3]) So zeigen wässrige Acetylenlösungen zwar immer nur schwache, aber um so merklichere Leitfähigkeit für Elektricität, je verdünnter sie sind, eine Eigenthümlichkeit aller Säuren; so läßt das Acetylen seinen Wasserstoff durch Metall vertreten u. s. w. Die Carbide der Metalle können als Salze des Acetylens aufgefaßt werden, wie die Sulfide als solche des Schwefelwasserstoffs. Die Wechselwirkungen zwischen Acetylen und den Metallen sind vielfach untersucht worden. Bei niedriger Temperatur hergestelltes pulvriges Eisen, Nickel oder Kobalt, doch auch Platinschwamm, ab-

1) Compt. Rend. 120. 1895 p. 1262. — Ann. Chim. Phys. (7.) 10. 1897 p. 395.
2) Ztschrft. d. V. dtscher. Ing. 42. 1898 S. 492.
3) Chem. News 74. 1896 p. 188.

sorbiren nach H. Moissan und C. Moureu im schnellen Strome zugeleitetes, völlig trocknes und reines Acetylen unter heftigem Erglühen, worauf theils Polymerisation zu Benzol und andren Kohlenwasserstoffen, theils Spaltung des Acetylens in Kohlenstoff und Wasserstoff eintritt.[1]) H. Erdmann und P. Köthner fanden, daß fein vertheiltes Kupfer sich unter 250° mit Acetylen zu einer Cuproacetylenverbindung vereinigt, die ein leichtes braunes Pulver bildet und nicht explosibel ist, dagegen bei 400 bis 500° (beginnende Rothgluth) die Zersetzung des Acetylens in seine Elemente bewirkt, die sonst erst bei 780° erfolgt.[2]) Wird reines Acetylen über Kupfer geleitet, so entsteht die braune Substanz von 230° ab; sie sieht etwa wie Zündschwamm aus und ist eine Kupferoxydulverbindung. Man kann sie daher auch durch Wechselwirkung von Cu_2O und C_2H_2 erhalten. Sie besitzt einen Kupfergehalt von 20% und giebt bei der trocknen Destillation wasserstoffreichere Kohlenwasserstoffe, Benzol, Kresol u. s. w. als Destillate, also Rohmateralien für die Industrie der organischen Farbstoffe. Die Zusammensetzung der braunen Verbindung entspricht etwa der Formel $C_{44}H_{64}Cu_3$. Destillirt man sie im Gemisch mit dem fünffachen Gewicht an Zinkstaub, so erhält man ein Destillat, das vorwiegend Naphtene zu enthalten scheint, während bei höherer Destillationstemperatur aromatische Kohlenwasserstoffe, namentlich Naphtalin, und außerdem Kresol auftreten. — Wie H. Gerdes mittheilt[3]), wurde durch Versuche der Firma J. Pintsch festgestellt, daß durch trocknes Acetylen weder Kupfer, noch andere Metalle und Legirungen angegriffen werden, selbst wenn Ammoniak zugegen ist, das allerdings seinerseits die Metalle corrodirt. Nach Gerdes tritt ein Angriff durch Acetylen unter Bildung des explosiblen Acetylenkupfers erst ein, wenn sich Kupferoxydulammoniak- oder auch Kupferoxydulverbindungen bilden können, und auch da nur, wenn gleichzeitig Ammoniak zugegen ist. Auch J. de Brevans hat ähnliche Erfahrungen gemacht und hält Acetylen, das gut gereinigt und namentlich von Ammoniak befreit worden ist, für ganz unbedenklich auch in Berührung mit Kupfer und Kupferlegirungen. Nicht gereinigtes

1) Compt. Rend. 122. 1896 p. 1240.

2) Ztschrft. f. anorg. Ch. 18. 1898 S. 48. — Chem. Ztg. 22. 1898 S. 869.

3) Ztschrft. f. angew. Chemie 1898 S. 61, 155.

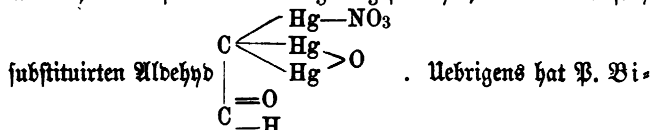
Acetylen greift allerdings Kupfer und Messing an, ist aber ohne Einwirkung auf Zinn, Blei, Antimon und deren Legirungen, auf Nickelbronze und Eisen. Man kann also wohl mit F. Fikentscher[1]) die Regel aufstellen, daß Acetylenkupfer nur dann entsteht, wenn eine Cuproverbindung mit Acetylen im Beisein von Ammoniak zusammen kommt. Im Gegensatze hierzu glaubt allerdings A. Grittner bewiesen zu haben, daß auch ammoniakfreies, aber sonst unreines Acetylen das Kupfer und dessen Legirungen angreift und damit explosibles Acetylenkupfer bildet, ebenso wie er nicht für ausgeschlossen hält, daß absolut reines Acetylen bei langer Berührung mit Kupfer diesen explosiblen Stoff liefern kann. Das auf trocknem Wege gewonnene Acetylenkupfer kann nach May[2]) in einer Acetylenatmosphäre bis gegen 60° C erhitzt werden, ohne zu explodiren, während das auf nassem Wege erhaltene im Strome von Chlor- oder Schwefelwasserstoff, aber nicht in indifferenten Gasen explodirt. Acetylen verhält sich ebenfalls wie ein indifferentes Gas. Setzt man aber das auf nassem Wege hergestellte Acetylenkupfer längere Zeit der Luft aus und bringt es dann in eine Acetylenatmosphäre, so erfolgt schon bei gewöhnlicher Temperatur explosive Zersetzung des Acetylenkupfers, die sich jedoch nicht auf das Acetylen fortpflanzt. — P. Sabatier und J. B. Senderens haben gefunden, daß fein vertheiltes Nickel, über welches man ein Gemisch von Wasserstoff und Acetylen leitet, die Wasserstoffaddition an Acetylen veranlaßt: $2H_2 + C_2H_2 = C_2H_6$; auch können Aethylen und aromatische Kohlenwasserstoffe entstehen.[3]) Während Nickel diese Wirkung schon bei gewöhnlicher Temperatur ermöglicht, müssen Eisen, Kobalt und Kupfer auf 100° erwärmt werden. Acetylen allein wird von Kupfer erst bei 180° angegriffen, wobei sich das Metall in eine gelbbraune Masse verwandelt, die wegen ihres Gehalts an einem complexen Kohlenwasserstoffe wie Feuerschwamm brennt. — Durch Berthelot ist festgestellt worden, daß Acetylen bei mäßiger Hitze auf Natrium nach der Gleichung $C_2H_2 + Na = C_2NaH + H$ und bei dunkler Rothgluth nach der Gleichung $C_2H_2 + Na_2 = C_2Na_2 + H_2$ einwirkt. H. Moissan hat durch Wechselwirkung zwischen Metallammoniumverbindungen und Acetylen Metallcarbidace-

1) Ztschrft. f. angew. Chemie 1899 S. 437, 663.
2) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 903.
3) Ebendas. 23. 1899 S. 439, 516.

tylene erhalten [1]), z. B. $3C_2H_2 + 2NH_3Na = C_2Na_2C_2H_2 + 2NH_3 + C_2H_4$. C. Matignon hat nicht über 180° erhitztes Natrium in einer Flasche im Acetylenstrom geschüttelt und ein weißes Pulver von Mononatriumacetylen C_2HNa erhalten, während bei 220 bis 230° das Natriumcarbid C_2Na_2 entsteht.[2])

Auch die Einwirkung des Acetylens auf Salzlösungen ist wiederholt studirt worden. C. Willgerodt hat Acetylen unter Lichtabschluß in wässrige Silbernitratlösung eingeleitet und ein weißes, in Wasser unlösliches Acetylensilber-Silbernitrat erhalten.[3]) Dasselbe explodirt, besonders wenn Spuren von Phosphorsilber vorhanden sind, durch Reiben, durch Schlag oder durch Erhitzen bis 230° und entwickelt mit Salzsäure Acetylen. Auch beim Einleiten des Acetylens in eine ammoniakalische Silbernitratlösung entsteht nach G. Arth [4]) ein gelber, dann weißer Niederschlag von der Formel $C_2Ag_2, AgNO_3$, der explosibel ist; eine halb normale wässrige Silbernitratlösung wird durch überschüssiges Acetylen nach der Gleichung $C_2H_2 + 3AgNO_3 = C_2Ag_2, AgNO_3 + 2HNO_3$ zersetzt. — Nach R. Chavastelon entsteht ein Acetylenkupferchlorür, wenn man Acetylen in eine salzsaure Lösung von Kupferchlorür oder bei Gegenwart von Kupfer in eine wässrige oder alkoholische Lösung von Kupferchlorid einleitet.[5]) Der Niederschlag bildet Kryställchen, hat die Formel C_2H_2, Cu_2Cl_2 und ist nicht explosibel. Durch Wasser oder Alkalichloridlösungen wird der Niederschlag unter Bildung einer violettpurpurnen Ausscheidung und Entwickelung von Acetylen zersetzt. Die Ausscheidung hat die Zusammensetzung C_2H_2, Cu_2Cl_2, Cu_2O. — Erdmann und Köthner sättigten eine Lösung von Mercurinitrat in der Wärme mit Acetylen und erhielten Mercurocarbidmercuronitrat $C_2Hg_2, HgNO_3, H_2O$ als weißen krystallinischen Niederschlag, der beim Kochen mit Säuren Aldehyd entwickelte [6]); daher betrachtet sie K. A. Hof-

1) Compt. Rend. 127. 1898 p. 911.
2) Bull. Soc. Chim. (3) 19. 1898 p. 112, 114.
3) Berl. Ber. 28. 1895 S. 2107.
4) Comp. Rend. 124. 1897 p. 1534.
5) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 555, 584. — Compt. Rend. 127. 1898 p. 68.
6) Berl. Ber. 31. 1898 S. 2475, 2783.

mann, der dieselbe Verbindung dargestellt hat, als einen dreifach substituirten Aldehyd  . Uebrigens hat P. Biginelli gefunden, daß sich Acetylen auch mit Quecksilberchlorid verbindet, wenn man das Gas durch eine salzsaure Lösung des Salzes leitet, und zwar zu Acetylenmercurichlorid C_2H_2, $HgCl_2$, welche Verbindung sich in Laugen und Alkalicarbonatlösungen auflöst, beim Kochen der Lösungen sich aber zersetzt unter Abscheidung eines weißen, explosiblen Acetylenquecksilberoxyds C_2H_2, HgO.[1])

Acetylen und Chlor vereinigen sich nach V. B. Lewes unter hellleuchtender Flamme, wenn man das Acetylen in Chlor einleitet[2]), während eine Explosion eintritt, wenn man Chlor in Acetylen leitet. Nach Mouneyrat explodirt ein Gemisch von Acetylen und Chlor im zerstreuten Tageslichte, falls es freien Sauerstoff oder solche Gase enthält, die ihn liefern können.[3]) — Durch direkte Vereinigung des Acetylens mit Brom entsteht das Acetylentetrabromid $C_2H_2Br_4$, über dessen Eigenschaften K. Elbs und J. Neumann referiren.[4]) Es ist ihnen auch gelungen dasselbe in Tribromäthylen überzuführen. — Auf festes Jod wirkt Acetylen nicht ein; dagegen hat E. H. Keiser ein flüssiges Acetylendijodid $C_2H_2J_2$ erhalten, als er Acetylen in geschmolzenes Jod einleitete; daneben entstand das bereits bekannte feste Dijodid.[5])

Die Einwirkung von rauchender Schwefelsäure auf Acetylen hat mehrfache Untersuchung erfahren. Nach G. Schröter bilden sich dabei zunächst Acetaldehyddisulfosäure $OCHCH(SO_3H)_2$ oder Sulfate dieser Verbindung, die dann weiterhin unter Bildung von Methionsäure $CH_2(SO_3H)_2$ und Kohlenoxyd zerfallen.[6]) Das Sulfat der Aethylaldehyddisulfosäure

1) Chem. Ztg. 22. 1898 Rep. S. 110.
2) Ebendas. S. 1028.
3) Ebendas. 22. 1898 S. 406.
4) Journ. f. prakt. Chemie 58. 1898 S. 245.
5) Chem. Ztg. 23. 1899 Rep. S. 123.
6) Berl. Ber. 31. 1898 S. 1880, 2189. — Lieb. Anm. 303 1898 S. 114.

wird beim Kochen mit Barytwasser in methionsaures, ameisensaures und schwefelsaures Baryum zersetzt. Auch W. Muthmann hat sich mit der Methion- oder Methandisulfosäure beschäftigt. Das Verfahren ihrer Darstellung aus Acetylen ist den Farbenfabriken, vorm. F. Bayer u. Co. in Elberfeld patentirt worden.[1]) — Berthelot hat Versuche angestellt, vom Acetylen zum Phenol zu gelangen, und ist dabei gleichfalls von der Wechselwirkung zwischen Acetylen und rauchender Schwefelsäure ausgegangen.[2]) Er erhielt dabei eine Acetylensulfosäure deren amorphes Kaliumsalz beim Erhitzen mit Aetzkali in einer Wasserstoffatmosphäre (180 bis 250°) in eine Masse überging, die bei Destillation mit verdünnter Schwefelsäure Destillate mit deutlichem Phenolgeruch lieferte. Das Vorhandensein von Phenol im Destillate wurde thatsächlich nachgewiesen. Das acetylensulfosaure Kalium besaß die Formel $(C_2H_2)_3$, $(SO_4HK)_4$; daneben entstand auch $C_2H_2(SO_4HK)_2$. Durch Einleiten von Acetylen in das Schwefelsäurehydrat $H_2SO_4 + H_2O$ waren Crotonaldehyd und ein Acetylenhydrat zu erlangen. — Nach Erdmann und Köthner entsteht Acetaldehyd aus Acetylen in recht reichlichen Mengen, wenn man das Acetylen durch eine kochende Mischung aus 3 Mol. Schwefelsäure mit 7 Mol. Wasser durchleitet, der man etwas Quecksilberoxyd hinzufügt. Es wäre vielleicht möglich, diese Recation dann weiter der Gewinnung von „Mineralspiritus" dienstbar zu machen, d. h. vom anorganischen Calciumcarbid zum organischen Aethylalkohol zu gelangen.

Den Nachweis von Acetylen in Luft führt man nach F. Clowes am besten mit einer kleinen Wasserstoffflamme von 5 bis 10 mm Höhe, die in einer Luft, welche auch nur Spuren von Acetylen enthält, eine blasse, aber deutliche Kappe bekommt, im verdunkelten Raume von gelblich grüner Farbe.[3]) — Auf einige Vorlesungsversuche mit Acetylen, die M. Rosenfeld angegeben hat[4]), sei nur verwiesen, ebenso auf den Acetylenentwickler für Laboratorien von F. A. Kühnlenz, der zur dritten Gattung der Acetylenentwickler gehört.[5])

1) Chem. Ztg. 23. 1899 S. 382.
2) Ebendas. 23. 1899 S. 1068. — 23. 1899 S. 149. — Compt. Rend. 127. 1898 p. 908. — 128. 1898 p. 333.
3) Chem. News 74. 1896 p. 188.
4) Ztschr. phys. chem. Unterricht 11. 1898 S. 271.
5) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 603.

Verbrennung, Zersetzungen, Explosibilität, Giftigkeit des Acetylens. — Was zunächst den Verlauf der Verbrennungen von Luft-Acetylenmischungen anlangt, so hat H. Le Chatelier darüber folgende Angaben gemacht.[1]) Mischungen mit weniger als 7·74 % C_2H_2 verbrennen mit gelber, wenig leuchtender Flamme zu Kohlensäure und Wasser. Zwischen 7·74 und 17·37 % C_2H_2 ist die Flamme blaßblau mit gelblichem Mantel, und die Verbrennungsproducte enthalten außer den schon genannten Gasen auch Kohlenoxyd und Wasserstoff. Von 20 % Acetylen an beginnt die Flamme zu leuchten und die Verbrennungsproducte bestehen aus Kohlenoxyd und Wasserstoff mit Zumischungen von Ruß und unverbranntem Acetylen. Erhitzt man Gemische des Acetylens mit Sauerstoff oder Luft an einer Stelle, so verbreitet sich von 2·8 % C_2H_2 an die Entzündung durch die ganze Masse; die Ausbreitung der Entzündung hört in Luft-Acetylengemischen bei 65 % C_2H_2 und bei Sauerstoffacetylengemischen bei 93 % C_2H_2 auf. Acetylen entzündet sich bei 480°, also leichter als die meisten verbrennlichen Gase, und liefert beim Verbrennen mit dem gleichen Volumen Sauerstoff ($C_2H_2 + O_2 = 2CO + H_2$) eine Temperatur von etwa 4000°, während Knallgas nur 3000° ergeben würde. — Das Acetylen ist eine endothermische Verbindung und liefert also bei seiner Zersetzung freie Wärme, die nach A. Polis groß genug ist, um den sich ausscheidendeu Kohlenstoff zum Glühen zu bringen.[2]) Wird Acetylen in eine Röhre gefüllt und darin eine kleine Knallquecksilberpatrone durch elektrische Zündung zur Explosion gebracht, so wird hierdurch eine augenblickliche Zersetzung des Acetylens herbeigeführt: ein Lichtblitz tritt in der Röhre auf, der vom Erglühen des ausgeschiedenen Kohlenstoffs herrührt; letzterer bedeckt nach beendetem Prozesse die Röhre als Ruß. Die gesammte freigemachte Wärme wird zum Erhitzen des Kohlenstoffs benutzt, so daß die Acetylenflamme eine ziemlich niedrige Temperatur zeigt (in der heißesten Stelle der Flamme von Acetylen 1517, von Aethylen 1865 und von Leuchtgas 2116°). Die Zersetzungstemperatur des Acetylens ist 780°; leitet man das Gas durch eine auf diese Temperatur erhitzte Röhre, so tritt der Zerfall unter

1) Compt. Rend. 121. 1895 p. 1144.
2) Ztschrft. d. V. dsch. Ing. 39. 1895 S. 1337.

lebhaftem Erglühen des Kohlenstoffs an der Zerfallstelle ein, während weiterhin der Kohlenstoff nicht mehr leuchtet, da die von außen zugeführte Hitze dazu nicht ausreicht. Wird dem Acetylen Wasserstoff zugemischt, so erfolgt die Zersetzung erst bei höherer Temperatur und mit geringerer Leuchtkraft. Will man also Leuchtgas aufbessern, so muß man verhältnismäßig viel Acetylen zugeben, da sonst der nachtheilige Einfluß der Verdünnung des Acetylens zur Geltung kommt. — H. Gerdes führt an, daß ein Grammmolekül Acetylen, also 26 g C_2H_2, bei der Zersetzung durch Hitze bei 780° 47·77 Wärmeeinheiten entwickle, daher die Temperatur sich zu 3016° berechne. — W. A. Bone und J. Wilson glauben, eine Zersetzung des Acetylens im Sonnenlicht constatirt zu haben, bei der sich nach und nach eine dunkelbraune fettige Ausscheidung gebildet hat.[1]) Es scheinen hierbei specifisch schwere Kohlenwasserstoffe zu entstehen; doch verläuft die Zersetzung ziemlich langsam.

Versuche über die Explosibilität des Acetylens sind von verschiedenen Seiten gemacht worden. Zunächst kommen da wieder die Acetylen-Luftmischungen in Frage. Nach N. Grehant findet die heftigste Explosion beim Durchleiten solcher Gemische durch eine rothglühende Platinröhre dann statt, wenn auf ein Volumen Acetylen neun Volumina Luft zugemischt sind.[2]) Nach F. Clowes sind Luftacetylenmischungen zwischen 3 und 83 % Acetylengehalt explosibel, die weitesten Explosionsgrenzen, die man für irgend ein Gas kennt.[3]) Die Ursache hierfür soll darin liegen, daß Acetylen nicht nur durch Entzündung, sondern auch bei Zersetzung zur Explosion gebracht werden kann. Die Zumischung fremder Gase, statt der Luft, scheint die Explosibilität bedeutend herabzusetzen; so sind nach J. Pintsch Gemische aus Acetylen und bis zum gleichen Volumen Leuchtgas selbst durch glühende Eisenrohre zu leiten, ohne daß Explosion eintritt. Auch Berthelot und Vieille kommen zu den Schlusse, daß die Zumischung solcher Gase, die sich unter Wärmeabsorption zersetzen, die Explosionsgefahr bei Acetylen vermindert; allerdings schwächen sie auch die Leuchtkraft des Gases. Dieselben Gelehrten haben dann weiter die Explosibilität der Lösung von Acetylen in

1) Chem. Ztg. 22. 1898. S. 535.
2) Compt. Rend. 122. 1896. p. 832.
3) Chem. Ztg. 23. 1899. S. 318.

Aceton untersucht, eine Lösung, die von Claude und Heß als ziemlich gefahrlos empfohlen worden war (siehe oben S. 352).[1]) Es ergab sich, daß eine Lösung von 132 g Acetylen in 320 g Aceton unter 13 kg Druck bei 15⁰ durch Knallquecksilber weder zur Entflammung noch zur Explosion gebracht wurde; es war dies also eine Lösung mit 41·25 Gewth. Acetylen auf 100 Gewth. Aceton. Wurde aber der Druck auf 20 kg und der Acetylengehalt auf 64 pro 100 Aceton gesteigert, so war schon durch Entflammung die Explosion hervorzurufen. Es stellte sich schließlich als Regel heraus, daß nur diejenigen Acetylen-Acetonlösungen ungefährlich waren, deren Anfangsdruck 10 kg nicht überstieg, und daß an sich bei gewöhnlicher Temperatur ungefährliche derartige Lösungen gefährlich werden konnten, wenn die Temperatur stieg. Bei der Explosion der Lösungen wurde auch das Aceton selbst mit zersetzt, vermuthlich nach der Endgleichung $2CH_3COCH_3 = 5C + 10H + CO + H_2O$. — Berthelot und Vieille haben weiter die Explosibilität des Acetylens für sich allein studirt und weisen dabei zunächst darauf hin, daß Acetylen eine endothermische Verbindung ist, die bei der Zersetzung fast dieselbe Wärmemenge liefert, wie die Verbrennung des gleichen Volumens Wasserstoff zu Wasser.[2]) Daher kann Acetylen für sich allein explodiren, wenn man die Anregung dazu durch einen Zünder mit Knallquecksilber giebt. Jedoch besitzt das Acetylen diese Eigenschaft erst von etwa 2 Atm. Druck an, und wird nunmehr schon durch einen glühenden Draht zur Explosion gebracht. Dabei entsteht Wasserstoff und feinpulveriger Kohlenstoff. Die Temperatur bei der Explosion beträgt etwa 2750⁰. Mit steigendem Drucke wächst die Geschwindigkeit der Explosion und erreicht ihren Höhepunkt beim Beginn der Verflüssigung des Gases. Flüssiges Acetylen wird durch einen glühenden Draht zur explosiven Zersetzung veranlaßt, ebenso durch Knallquecksilber, Erhitzung einzelner Stellen, Bruch des Gefäßes mit starker Reibung der Bruchstücke u. s. w., während es in eisernen Flaschen heftige Erschütterungen ohne Explosion aushält. Im englischen Explosives Department of the Home Office wurde Acetylen sogar bei einem Drucke etwas unter 2 Atm. explosibel befunden, dagegen

1) Compt. Rend. 124. 1897. p. 988, 996.
2) Compt. Rend. 123. 1896. p. 523.

nicht bei weniger als $1^1/_2$ Atm., falls nicht Luft sich zumischen konnte.[1]) Für praktische Zwecke wurde daher als höchster Ueberdruck über den der Atmosphäre ein solcher von 50·8 cm Wasserhöhe zugelassen. Teichmann ist der Meinung, daß reines Acetylen keine Explosionsgefahr in sich berge, so lange Luft ausgeschlossen bleibe; dagegen könne ein Gehalt an Phosphorwasserstoff die Ursache einer Explosion sein.[2]) T. Schwarze warnt vor den Röhren oder engen Gefäßen, die mit Acetylen gefüllt waren, selbst wenn sie längere Zeit nach der Luft zu offen gestanden haben; da das Acetylen einen sehr geringen Auftrieb besitze, entweiche es aus engen Räumen nur sehr langsam, und da es sich dann jedenfalls mit Luft gemischt habe, könne die Annäherung einer Flamme od. dgl. m. schwere Explosionen im Gefolge haben.[3]) — Was das schon mehrfach erwähnte flüssige Acetylen anlangt, so ist dasselbe nach A. Frank unbedingt gefährlich und kann namentlich bei heftigem Stoße oder plötzlichem Oeffnen der eisernen Flasche explodiren.[4]) G. Claude (der übrigens im Gegensatze zu Berthelot und Vieille eine bei —80° hergestellte Auflösung von Acetylen in Aceton mit 2000 Vol. Acetylen bei dieser Temperatur und Luftdruck gegen einen rothglühenden Platindraht unempfindlich fand) hat beobachtet, daß flüssiges Acetylen bei —80° und dem Minimaldruck von 1·3 Atm. (bei geringerem Drucke tritt keine Verflüssigung ein) ebenfalls durch einen rothglühenden Platindraht nicht zur Explosion gebracht wird.[5]) Fikentscher hält dagegen das Verbot, welches die Anwendung von flüssigem Acetylen in allen Ländern getroffen hat, mit Rücksicht auf mehrere schwere Unglücksfälle, die durch Explosion der Flaschen veranlaßt worden sind, für durchaus gerechtfertigt und stellt das flüssige Acetylen hinsichtlich seiner Wirkungen in eine Reihe mit den kräftigsten Sprengstoffen.

Die Giftigkeit des Acetylens ist im allgemeinen zunächst stark überschätzt worden. Nach den Untersuchungen von N. Grehant, Berthelot, Moissan, R. Rosemann u. A. m. ist Leuchtgas viel giftiger, als das aus Carbid darge-

1) Chem. News 76. 1897. p. 180.
2) Journ. f. Gasbel. 40. 1897. S. 252.
3) Gesundheits-Ingenieur 21. 1898. S. 305.
4) Dingl. polyt. Journ. 303. 1897. S. 296.
5) Compt. Rend. 128. 1893. p. 303.

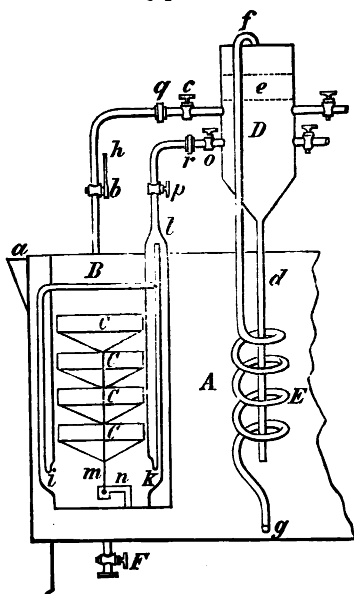
stellte Acetylen.[1]) Auf anderem Wege gewonnenes Acetylen kann allerdings etwa durch Gehalt an Kohlenoxyd oder Blausäure gesteigerte Giftigkeit zeigen. Etwaige schädliche Folgen der Acetyleneinathmung scheinen weniger von einem Uebergange des Gases ins Blut, als von einer Wirkung auf das Nervensystem herzurühren. Ersteres wird von L. Brociner bestätigt, der die Giftwirkungen des Acetylens mit denen des Methans, Aethylens und Propylens in eine Reihe stellt. Ja A. Frank und Weyl haben nachgewiesen, daß man Luft mit einem Gehalte von 9 % Acetylen längere Zeit ohne Gefahr einathmen kann.

Acetylenentwickler. Wie schon auf S. 344 erwähnt wurde, giebt es drei verschiedene Arten von Acetylenentwicklern. Die erste Gattung umfaßt die nach dem Tauchsystem construirten Apparate. Dieselben sind auf das Princip des Kipp'schen oder Döbereiner'schen Apparats begründet. Bei ersterem dringt das Wasser von unten her auf das Carbid und das Acetylen beginnt sich zu entwickeln. Schließt man den Gasauslaß, so wird durch den Druck des Gases das Wasser vom Carbid nach einem unteren und aus diesem nach einem höher gelegenen Behälter gepreßt. Bei dem Döbereiner'schen Apparat umgiebt der Wasserbehälter die mit dem Carbid beschickte Zelle, was nach K. Thomae unbedingt vorzuziehen ist, da auf diese Weise der eigentliche Entwickler stets kühl gehalten wird.[2]) Die Einrichtung eines solchen Apparats ist aus Fig. 11 zu ersehen, und zwar in der Anordnung der Firma W. Goldhorn in Elberfeld. In dem Wasserbehälter A, der von a aus gefüllt wird, sind mindestens zwei Entwickler B angeordnet (der rechtsliegende ist in der Zeichnung weggelassen), die in Oeffnungen des Deckels von A sammt den an ihnen befindlichen Röhren eingehängt werden, und zwar bei verschlossenem Hahne b. Das Wasser aus A kann also durch den unten offenen Boden von B nur in beschränktem Maße eindringen und erreicht den unteren Carbidbehälter C nicht. Diese Carbidbehälter sind trichterförmige Gefäße, deren konischer Theil siebartig durchlöchert ist. Sie werden von dem Eisenstabe m getragen, der seinerseits durch das Querstück n festgehalten wird. Soll die Entwicklung beginnen, so wird bc geöffnet, und das Wasser

1) Compt. Rend. 121. 1895. p. 564, 566, 773. — Chem. Centralbl. 1895² S. 998. — Journ. f. Gasbel. 40 1897. S. 149.
2) Zeitschr. d. V. dtscher Ing. 42. 1898. S. 530.

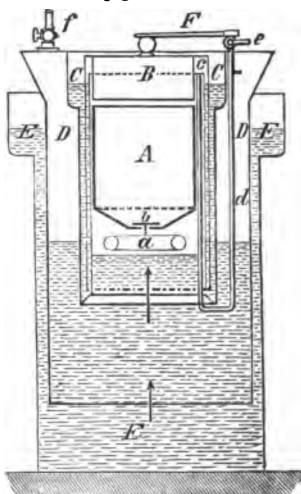
dringt nunmehr von unten in B ein. Sobald es das Carbid trifft, beginnt die Acetylenentwicklung. Das Acetylen streicht nach oben, theilweise durch die oberen Carbidbehälter hindurch, wo es eine Trocknung erfährt, und gelangt durch b c nach dem Behälter D, in welchem es nochmals Wasser ausscheidet. Dieses Wasser läuft durch d nach A zurück. Das Gas entweicht, allenfalls bei e eine Schicht Reinigungsmasse durchstreichend, nach f und wird in der im Wasser von A liegenden Schlange E gekühlt. Bei g tritt es seitwärts nach dem Gasometer aus, dessen Glocke durch Ketten und Hebelwerke mit dem Hahne b bei h in Verbindung steht. In dem Maaße, in welchem die Gasometerglocke steigt, schließt sich der Hahn b. Ist er endlich bei einem gewissen Glockenstande ganz geschlossen, so treibt das in B sich noch entwickelnde Acetylen das Wasser aus B nach A und entweicht schließlich durch i und k nach l. Die Röhre l ist unten offen, so daß hier sich condensirendes Wasser nach A zurücklaufen kann. Aus l gelangen die Gase nach D. Wenn bei Gasverbrauch die Gasometerglocke wieder sinkt, öffnet sich b und der Wasserzutritt zu B beginnt von neuem. Ist endlich das Carbid in B erschöpft, so wird der rechts gelegene Entwickler in Betrieb gesetzt. Man schließt c, o, b und p und löst die Verschraubungen q und r, öffnet b und p und hebt das Gefäß B aus A heraus. Durch eine Drehung des Querstücks n werden die Carbidbehälter C frei und können herausgenommen, entleert und von neuem beschickt werden. F endlich ist der Wasserablaßhahn für A.

Fig. 11.



Wohl auch zu dieser ersten Gattung von Apparaten zu zählen sind diejenigen Acetylenentwickler, bei denen das Calciumcarbid bei einem gewissen Stande der Gasometerglocke aus dem Wasser gehoben und somit der Einwirkung des Wassers entzogen wird. Solche Apparate sind indessen nur bis zu etwa 2 kg Beschickung mit Carbid zulässig, da sonst die Glocke zu stark belastet werden würde. Als Beispiel diene der Apparat von O. Münsterberg (Fig. 12)[1]). Im Gefäße A befindet sich das Calciumcarbid. Das Gefäß A steht in fester Verbindung mit der Gasometerglocke B, die sich im Wasserbassin C bewegt. Das ganze System ABC wiederum ist fest verbunden mit der äußeren Glocke D, die sich im Hauptbassin E senkt und hebt.

Fig. 12.



Zu Beginn der Arbeit steht ABCD mit den unteren Gefäßrändern tiefer im Wasser von DE, was zur Folge hat, daß der Schwimmer a auf dem Wasser schwimmt und das Ventil b öffnet. Das Wasser dringt nach A, die Gasentwicklung beginnt; das Gas steigt nach oben und hebt ABCD. Hierdurch senkt sich a, und so wird schließlich b auf dem Ventilsitz anlangen und A abgesperrt werden. Jetzt spielt sich nur noch die durch die Benetzung des Carbids bedingte Nachentwicklung ab. Das Gas entweicht durch das Rohr c d mit Hahn e nach dem äußeren Gasometerraum D und von hier durch Hahn f in die Gasleitung. Soll A entleert und frisch gefüllt werden, so öffnet man den Deckel von B, wobei sich durch das Hebelwerk F von selbst der Hahn e schließt. Es kann also nur nach A Luft dringen. Man nimmt den Calciumcarbidkorb heraus, entleert ihn, füllt von neuem, setzt den Korb wieder ein und verschließt AB, wodurch e

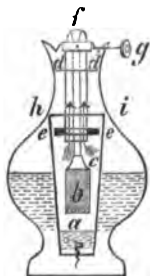
---

1) Dingl. polyt. Journ. 306. 1897. S. 16.

wieder geöffnet wird. Jetzt strömt Luft aus A nach D; da jedoch der Fassungsraum von D fünfmal größer ist, als der von AB, so kann in D höchstens ein Gemisch mit 20 % Luft entstehen, welches nicht explosibel und gut brennbar ist. — Aehnlich eingerichtet ist auch der angeblich viel benutzte Apparat von V. Sardi, bei dem der Carbidbehälter durch besondere Verschraubungen gesenkt und gehoben werden kann.[1] In der gesenkten Stellung fungirt der ganze Apparat ähnlich wie der von Münsterberg, insofern Carbidbehälter und Glocke mit einander steigen und fallen. In gehobener Stellung erfährt der Carbidbehälter von unten her automatisch einen dichten Verschluß und kann so geöffnet, entleert und neu beschickt werden.

Nach dem Principe von Döbereiner's Feuerzeug sind auch einige Acetylenlampen construirt, von denen die von G. Trouvé kurz beschrieben sei (vgl. Fig. 13).[2] In dem oben weiteren, unten engeren und hier mit einer engen Oeffnung versehenen Entwickler a ist der mit Carbid gefüllte Korb b bei c eingehängt. Wird der Hahn g geöffnet, so dringt von unten Wasser nach a und benetzt das Carbid. Das Acetylen entweicht in der Richtung der Pfeile und setzt dabei an der Platte e wie im Inneren des ringförmigen Hohlraums, den es durchstreicht, Feuchtigkeit ab. Bei d ist das innere, unten geschlossene Rohr c f gelocht, so daß hier das Acetylen in dasselbe eindringen und nach der Brennermündung f gelangen kann. Allerdings wird nach Benutzung des Apparats die Nachentwicklung nicht vermieden bleiben, weshalb entweder besondere Auslaßöffnungen für dieses Gas nöthig sind, oder nach der Benutzung der obere Theil bei h i abgeschraubt und das Gefäß a mit dem Carbid herausgenommen werden müßte.

Fig. 13.



Acetylenentwickler der zweiten Gattung, die nach dem Tropfsystem arbeiten, werden seltner für Gewinnung größerer Acetylenmengen, häufiger für Speisung von Lampen benutzt. F. Butzke u. Co. in Berlin bringen einen für die Gasindustrie berech-

---

1) Industries and Iron 23. 1897. p. 410.

2) Compt. Rend. 122. 1896. p. 1338. — Dingl. polyt. Journ. 303. 1897. S. 296.

neten derartigen Entwickler in den Handel.[1]) Das Carbid wird in eiserne Mulden gefüllt, die man in liegende Entwickler einschiebt. Darüber ist der Wasserbehälter mit dem Tropfapparate angebracht, der erst richtig eingestellt werden muß, dann aber unverändert weiter fungirt. Hat die Gasometerglocke, unter der das Acetylen angesammelt wird, eine gewisse Höhe des Standes erreicht, so schließt sie mit Hülse eines Hebelmechanismus den Hahn des Tropfapparats. Jetzt findet nur noch Nachentwicklung statt, die im allgemeinen nicht mehr Gas liefern wird, als das Gasometer noch aufzunehmen vermag. Sollte jedoch aus irgend einen Grunde dennoch der höchste zulässige Stand der Glocke überschritten werden, so öffnet sich am oberen Deckel der Glocke automatisch ein Sicherheitsventil, welches das Gas in die Luft ausströmen läßt, und gleichzeitig wird ein elektrisches Läutewerk in Thätigkeit gesetzt. — Als Beispiel für eine Lampe nach dem Tropfsystem sei die Einrichtung von W. Bragrock angeführt (Fig. 14).[2]) Das Acetylen befindet sich auf dem Boden des Gefäßes a mit Füllöffnung c. Das Wasser ist in d durch e und in den Fuß der Lampe durch f gefüllt. Hier dient es zum hydraulischen Verschluß des kleinen Gasometers g, der durch das Rohr h an i geführt wird. Beim Oeffnen des Hahnes k läuft das Wasser tropfenweise auf das in a befindliche Carbid. Das Acetylen öffnet, wenn es einen bestimmten Druck angenommen hat, das Ventil m und gelangt so unter die Glocke des Gasometers g, diese hebend. Ist auch hier ein bestimmter Druck erreicht, so entweicht das Gas durch n o r nach dem Brenner, falls Hahn l geöffnet wird. Das Gasometer soll namentlich nach dem Abdrehen von k und l gute Dienste thun, indem es das nachentwickelte Gas

Fig. 14.



1) Fischer, Jahresb. d. chem. Techn. 1897. S. 101.
2) Ebendas. S. 98.

aufnimmt; im Nothfalle kann man das Gas durch Oeffnen von b entweichen lassen. Selbstredend muß irgendwo am oberen Ende des Fußes eine Luftöffnung angebracht sein, damit das Gasometer spielen kann. Abgesehen von der ziemlich zusammengesetzten Einrichtung der Lampe sind auch hier die allgemeinen Mängel aller Acetylenlampen höchstens gemildert, aber nicht beseitigt.

Ueber die Einrichtung von Apparaten der dritten Art, bei denen das Carbid in eine größere Masse Wasser geworfen wird, ist bereits berichtet worden (vgl. S. 345, 347). Statt das Carbid mit der Hand einzuführen, sind auch verschiedene Vorschläge zur automatischen Carbidfüllung gemacht worden. So will z. B. P. H. Macé im Wasser des Entwicklers einen Schwimmer anordnen, der das Ventil eines mit pulverigem Carbid gefüllten trichterförmigen Behälters öffnet, wenn das Wasser im Entwickler steigt und also die Entwicklung nachläßt, oder es soll auch die Beschickungsvorrichtung von der Gasometerglocke aus in Thätigkeit versetzt werden (D. R. P. 95257, 95274).[1] J. A. Deuther hat in ähnlicher Weise eine Schiebersteuerung mit der Gasometerglocke in Verbindung gebracht, die bei Tiefstand der Glocke eine Schieberöffnung unter den Carbidbehälter bringt und so die Beschickung ins Wasser des Entwicklers fallen läßt (D. R. P. 94857).

Allgemeines über Acetylenentwicklung. Nach V. B. Lewes wird Acetylen schon dann selbstentzündlich, wenn das Carbid aus dem es entwickelt wurde, 1 % Calciumphosphid enthält.[2] Bei Einwirkung des Wassers auf 1 g 91 procentiges Carbid werden 364 bis 407 Cal. frei; die höchste erreichbare Temperatur betrug 700 bis 800 ° C, bei welcher Temperatur sich das Acetylen in Benzol und theerige Producte zersetzt. Geschieht die Zersetzung bei 800 ° im Glasrohr, so bemerkt man außerdem Ausscheidung von graphitischer Kohle. Gelangt Benzoldampf ins Acetylen, so fängt die Flamme an, zu rußen. Hieraus folgt, daß Vorbedingungen einer zweckmäßigen Acetylenentwicklung Reinheit des Carbids und niedrige Entwicklungstemperatur sind; letztere ist durch gleichmäßige Vertheilung des Carbids in möglichst großen Wassermengen zu erzielen. Zu beachten ist, daß schon von 420 ° an gelöschter Kalk und Calciumcarbid nach der Gleichung CaC_2

1) Ztschrft. f. angew. Chemie. 1898. S. 117, 494.

2) Chem. Ztg. 22. 1898. S. 493. — Ztschrft. f. angew. Chemie. 1898. S. 705.

$+ Ca(OH)_2 = 2CaO + C_2H_2$ aufeinander wirken. Auch ist zur vollständigen Zersetzung des Carbids viel mehr als die theoretische Menge von Wasser nöthig. Lewes hält die Apparate nach dem Kipp'schen oder Döbereiner'schen Principe für wesentlich schlechter als die Zutropfapparate; bei ersteren war die Maximaltemperatur 800, bei letzteren nur 700° C. Für die beste Entwicklergattung, die der dritten Art, wo das Carbid in viel Wasser eingeworfen wird, soll unter dem gelochten Boden auf den das Carbid fällt, noch 30 cm Wasser stehen, durch welches der gelöschte Kalk fallen muß. 1 kg Calciumcarbid giebt etwa 10 Liter Kalkschlamm. Nach E. Hubou würde 1 kg Carbid 340 Liter Acetylen bei 0° und 760 mm entwickeln müssen; eine Ausbeute vom 300 Liter soll also verlangt werden.[1]) Doch giebt es viele Handelscarbide, die nur 250 Liter Gas geben. — Verschiedene Versuche sind gemacht worden, um die Zersetzlichkeit des Carbids durch Wasser zu mäßigen und so gleichmäßigere Entwicklung herbeizuführen, auch die Gefahren der Nachentwicklung abzuschwächen. Arsonval will in seiner Lampe, die nach dem Princip des Döbereiner'schen Apparats construirt ist, das Wasser mit einer Oelschicht bedecken, so daß nach beendeter Brenndauer das Gefäß mit dem Carbid nach unten nicht durch Wasser, sondern durch Oel abgeschlossen wird.[2]) Hierbei würde die Nachentwicklung nicht durch die aufsteigenden Wasserdämpfe verlängert werden. Aber es ist zu bedenken, daß zu Beginn der Arbeit das Carbid von dem das Wasser überschichtenden Oele zuerst getroffen und hierdurch leicht so davon durchtränkt werden wird, daß es unempfindlich gegen Wasser wird. Serpollet und Létang empfehlen, das Calciumcarbid mit Traubenzucker zu präpariren, wodurch es minder empfindlich gegen Wasser werden soll; sie bringen ein solches Präparat unter dem Namen Acetylith in den Handel. Aber nach A. Ladignac wird die Unempfindlichkeit gegen Wasser viel zu groß, und der angebliche Vorzug, daß der Kalk als Zuckerkalk in Lösung gehe, tritt wegen der unzureichenden Zuckermengen nur theilweise in Kraft. Sez u. Co. schlagen vor, das Carbidgefäß unten in eine enge Röhre auslaufen zu lassen, so daß also nur sehr wenig Wasser oder Wasser-

1) Ztschr. f. angew. Chemie 1898. S. 157.
2) Dingl. polyt. Journ. 306. 1897. S. 16.

dampf mit dem Carbid in Berührung kommt. Aber auch hier muß Nachentwicklung stattfinden, wenn auch vielleicht in schwächerem Maaße. — Wegen der verhältnißmäßig großen Löslichkeit des Acetylens in Wasser wird von A. *Frank* und *Weyl* als *Absperrflüssigkeit für Gasometer* eine Kochsalzlösung und von anderen Seiten dieselbe auch zur Entwicklung des Gases, mindestens bei Werthbestimmungen des Carbids, empfohlen. In Kochsalzlösung ist Acetylen weniger löslich, als in reinem Wasser.

Reinigung des Acetylens. Nach P. *Wolff* enthält *Rohacetylen* aus

		amerikanischem Carbid	schweizerischem Carbid
Vol.-%	Acetylen	98·87	99·77
	Phosphorwasserstoff	0·04	0.02
	Schwefelwasserstoff	0·02	—
	Siliciumwasserstoff	—	—
	Ammoniak	0·06	0·04

Lundström hat die Grenzzahlen für das Rohacetylen zusammen gestellt und giebt an, daß die Durchschnittszusammensetzung zu 99·5% C_2H_2 + 0·5% Verunreinigungen anzunehmen sei.[1]) Es ist gefunden worden: Schwefelwasserstoff 0 bis 1·34, Ammoniak 0·06 bis 2·8, Phosphorwasserstoff 0·03 bis 1·7, Siliciumwasserstoff 0 bis 0·8, Arsenwasserstoff 0 bis 0·004, Kohlenoxyd 0 bis 1·48, Wasserstoff 0·07 bis 0·27, Stickstoff 0·2 bis 2·91 und Sauerstoff 0·55 bis 1·18%. Wenn die Summe der Verunreinigungen mit durchschnittlich 0·5% angegeben wird, so ist dabei wohl luftfreies Rohacetylen gemeint, das natürlich nicht erlangbar ist, da das Carbid von Lufthüllen umgeben und auch das Wasser lufthaltig ist. Der Wasserstoff rührt davon her, daß das Carbid meist Spuren metallischen Calciums enthält, die Wasser zersetzen. Der Siliciumwasserstoff würde in ähnlicher Weise durch Silicium oder wohl auch Siliciumcarbid, das Ammoniak durch Vorhandensein von Magnesiumnitrid erklärbar sein. Schwefelwasserstoff stammt von der Zersetzung des im Carbid enthaltenen Aluminiumsulfids durch Wasser, während der Phosphorwasserstoff in gleicher Weise aus Phosphorcalcium entsteht. Nach G. *Lunge*

3) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 905. — 23. 1899 S. 180.

und E. Cedercreutz enthielten untersuchte Carbide 0·038 bis 0·1013 g Phosphorcalcium Ca_3P_2, was einer Entwicklung von 0·142 bis 0·378 g oder 93·1 bis 248 ccm Phosphorwasserstoff PH_3 für 1 kg Carbid entsprechen würde.[1]) V. B. Lewes macht darauf aufmerksam, daß das Innere des Carbids meist sehr rein ist, während die äußere Schmelzkruste 30 bis 50% Fremdkörper enthält.[2]) Die mit verschiedenen Carbiden angestellten Versuche ergaben Acetylen mit 0·02 bis 2·36% Phosphorwasserstoff, im Mittel 0·65%. Häufig fanden sich auch im Carbid metallische Klumpen, die mit Wasser kein Gas entwickeln. Sie bestehen aus Siliciumcarbid, Metallsiliciden, Eisen, Calcium, Spuren von Phosphiden und Sulfiden u. s. w. Nach F. Ullmann hat auf die Menge der Verunreinigungen im Acetylen nicht blos der Reinheitsgrad des Carbids Einfluß, sondern auch die Art der Entwicklung des Gases.[3]) Bei je höherer Temperatur letztere erfolgt, desto unreiner fällt das Acetylen aus. Insbesondere ist zu beachten, daß beim Einwerfen des Carbids in viel Wasser die entstehende alkalisch reagirende Flüssigkeit, durch die das Gas aufsteigen muß, selbst schon einen großen Theil der Verunreinigungen zurückhält. Will man direct aus dem Entwickler reines und von unangenehmem Geruche freies Acetylen haben, so empfiehlt es sich, das Carbid innig mit Oxydationsmitteln ($KMnO_4$, MnO_2 u. s. w.) gemischt zur Verwendung zu bringen. — Von weiteren Verunreinigungen des Acetylens führt J. de Brevans noch Schwefelammon, schweflige Säure, Cyan- und Rhodanverbindungen an, ohne auf deren Menge und Entstehung näher einzugehen.[4]) Scheel glaubt, auch organische Schwefel- und Phosphorverbindungen darin annehmen zu sollen, und N. Caro hat Senföle und Merkaptane thatsächlich aus Rohacetylen isolirt, aber auch festgestellt, daß diese organischen Schwefelverbindungen nur entstehen können, wenn Schwefelwasserstoff bei höheren Temperaturen als den normaler Weise im Entwickler zulässigen, auf Acetylen oder seine Polymeren einwirkt.[5]) Der Phosphorwasserstoff des Rohacetylens ist nach Caro nicht selbst entzündlich; bei hoher Entwicklungstem-

1) Ztschrft. f. angew. Chemie 1897 S. 651.
2) Ebendas. 1898 S. 705.
3) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 442.
4) Ztschrft. f. angew. Chemie 1898 S. 155.
5) Ebendas. 1899 S. 660, 661.

peratur bilden sich auch organische Phosphorverbindungen. Der Stickstoff ist im Carbid ebenfalls an Calcium gebunden und entstammt stickstoffhaltiger Kohle, die bei der Carbidfabrikation verwendet wurde; dagegen enthält das Carbid kein Cyancalcium. Woher das thatsächlich mitunter im Rohacetylen enthaltene Kohlenoxyd stammt, steht noch nicht fest. — Endlich ist als stehende Verunreinigung des Acetylens das Wasser zu nennen, welches man nach C. R. Dickerson und J. Suckert am besten durch Ueberleiten über Calciumcarbid selbst beseitigt (DRP. 92 915), da hierbei wiederum Acetylen entsteht.

Das Ammoniak im Acetylen entsteht nach H. Bamberger aus Nitriden und Cyanverbindungen, die sich im Carbid vorfinden.[1]) Und zwar kommen als Ammoniak liefernde Verbindungen die Nitride von Magnesium und Aluminium, sowie Cyanide des Calciums, Baryums u. s. w. in Frage. Letztere entwickeln allerdings nur mit überhitztem Wasserdampf Ammoniak, eine Bedingung, die aber in manchen Entwicklern, namentlich denen nach dem Tropfsystem, erfüllt sein kann.

Nach C. Willgerodt liefert 1 kg Calciumcarbid ungefähr 65 ccm Phosphorwasserstoff, und dieser läßt sich leicht beseitigen, indem man das Rohacetylen durch Bromwasser leitet.[2]) A. Bergé und A. Reychler finden, daß Bromwasser sich zu rasch erschöpft und auch einen Theil des Acetylens bromürt.[3]) Dagegen erzeugt phosphorwasserstoffhaltiges Acetylen in einer Sublimatlösung eine weiße, leicht abfiltrirbare Ausscheidung, die sich in der Hitze in verdünnter Salpetersäure löst. Fügt man dann etwas Salzsäure hinzu, so ist die Flüssigkeit sofort im Stande, wieder Phosphorwasserstoff aufzunehmen. Auch Salpetersäure, der man Kupfersalz zugegeben hat, ist ein gutes Reinigungsmittel. Es enthielt übrigens 1 cbm Acetylen in zwei Fällen 1032 und 1417 ccm Schwefelwasserstoff (der leicht durch Waschen mit Lauge beseitigt werden kann) und 945 und 985 ccm PH_3. Nach A. R. Frank wird der Gehalt des Rohacetylens an Schwefel- und Phosphorwasserstoff auf ein Mininum reducirt, wenn man das Gas mit sauren Metallsalzlösungen (Eisen- od. Kupfersalze) wäscht (D. R. P. 99490); dies gewaschene Gas hat dann einen ange-

1) Ztschrft. f. angew. Chemie 1898 S. 720.
2) Berl. Ber. 38. 1895 S. 2107.
3) Bull. Soc. Chim. (3) 17. 1897 p. 218.

nehm ätherischen oder aldehydartigen Geruch.[1]) Hier sei hinzugesetzt, daß nach C. Göttig eine Zumischung von Alkalichloriden zu Metallsalzlösungen in vielen Fällen die Absorptionsfähigkeit derselben für Phosphorwasserstoff erhöht, auch die Bildung explosibler Acetylenmetallverbindungen verhindert und so die Zugabe einer Säure zur Lösung überflüssig machen soll.[2]) So soll z. B. Kupferchlorid durch Phosphorwasserstoff zunächst zu Kupferchlorür reducirt, dieses von den Chloralkalien in Lösung überführt werden, und aus der so erhaltenen Lösung soll Phosphorwasserstoff ein Kupferphosphid P_2Cu_6 niederschlagen. Nach und nach soll freilich auch Acetylenkupfer entstehen. Quecksilbersalze ergeben dagegen bei Gegenwart von Chloralkalien niemals Acetylenquecksilber. W. Hempel und L. Kahl haben eine schwefelsauer gemachte Kupfervitriollösung in Gegenwart von metallischem Quecksilber als ausgezeichnetes, analytisches Absorptionsmittel für Phosphorwasserstoff aus Acetylen empfohlen.[3]) Wie schon erwähnt, reinigt R. Pictet durch 40 procentige Schwefelsäure, concentrirte Chlorcalciumlösung und trocknes Chlorcalcium, wohl auch durch Bleiverbindungen in Lösung, und kühlt dabei auf — 16⁰ ab (DRP. 97 110). Nach E. Obernheimer ist auch die gewöhnliche Laming'sche Leuchtgasreinigungsmasse (Sägespähne mit Eisenoxyd) nicht ohne günstige Wirkung auf Rohacetylen, vermag aber namentlich den Phosphorwasserstoff nicht ganz zu beseitigen.[4]) In dieser Richtung vollkommen wirksam ist aber nach G. Lunge und Cedercreutz mit Wasser angefeuchteter Chlorkalk; nur muß das Gas dann noch durch Kalk geleitet werden, um hier mitgerissenes Chlor oder Chlorverbindungen abzugeben. Auch organische Schwefel- und Phosphorverbindungen werden durch den Chlorkalk oxydirt. Leider veranlaßt aber nach F. B. Ahrens der Chlorkalk die Bildung von Kohlenoxyd und gechlorten Verbindungen, und zwar ist wenigstens ein Theil der letztgenannten Verbindungen auch durch Kalk nicht wieder zu beseitigen. Dabei zeigt der Chlorkalkreiniger manchmal plötzliche Erhitzung und das Gas unerträglichen Chlorgeruch. Die Erhitzung rührt davon her, daß das Gemisch aus Chlorkalk und Sägespähnen, mit dem man die

1) Ztschrft. f. angew. Chemik 1898 S. 40, 1050.
2) Berl. Bericht 32. 1899 S. 1879.
3) Ztschrft. f. angew. Chemie 1898 S. 53.
4) Ebendas. S. 192 — 1899 S. 777.

Reiniger beschickt, zu stark angefeuchtet wurde; es tritt dann nämlich chemische Wirkung des Chlorkalkes auf die Sägespähne oder richtiger das in ihnen enthaltene Lignin ein. Am besten wird es daher sein, den Chlorkalk mit Kieselguhr, Ziegelmehl, Kokspulver, Bleichromat od. dgl. m. zu vermischen. — F. Ullmann empfiehlt Chromsäure in schwefelsaurer oder besser essigsaurer Lösung in richtiger Concentration als Reinigungsmittel; er läßt eine angesäuerte Natriumdichromatlösung durch soviel Kieselguhr aufsaugen, daß ein trockenes Pulver entsteht, welches sehr wirkungsvoll ist.[1])

Die verschiedenen in Vorschlag gebrachten Reinignngsmethoden haben wiederholt kritische Beurtheilung gefunden. P. Wolff hebt mit Recht hervor, daß jedes Verfahren, dem nachgesagt wird, es liefere ein Acetylen, welches ohne Rußen brenne, auf laienhaften Vorstellungen beruhen müsse.[2]) Denn das Rußen der Acetylenflamme hängt ja mit der chemischen Natur des reinen Acetylens zusammen und kann also durch Reinigung des Gases nicht beseitigt werden. Diese bezweckt vielmehr, die schädlichen Wirkungen der Verunreinigungen, die sich in dem Beschlagen der Metalltheile, der Verstopfung von Hahndurchlässen, Brennern u. s. w., der Verminderung des Leuchtvermögens der Flamme und ähnlichen Dingen äußern, zu beseitigen. Das Verfahren von Lunge und Cedercreutz ist für Rohacetylen ungeeignet, weil ein Ammoniakgehalt des Gases in Chlorkalk Veranlassung zur Bildung von Chlorstickstoff geben würde, der bekanntlich explosibel ist; man muß also das Rohacetylen erst waschen, ehe es auf den Chlorkalk trifft. Dann läßt man das Gas über Kalk streichen und schließlich in das Gasometer gelangen. Es ist aber jetzt fast geruchlos, so daß man es riechend machen muß, entweder durch Berührung mit Calciumcarbid oder durch Zumischung von Carbylamin, Amylacetat u. dgl. m. Das Pictet'sche Verfahren ist wegen der Nothwendigkeit stark gekühlter Reinigungsflüssigkeiten nur im Großbetrieb verwendbar. Die Anwendung von Bromwasser, Salpetersäure, conc. Quecksilbersalzlösungen kann nur für das Laboratorium in Frage kommen. Das Verfahren von A. Frank ist dagegen für den Fabrikbetrieb unbedingt brauchbar (1 Thl. Kupferchlorid, 8 Thl. Salzsäure); für Hausanlagen muß

1) Ztschrft. f. angew. Chemie 1899 S. 436. — Chem. Ztg. 23. 1899 S. 316.

2) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 281, 903.

Kieselguhr mit der Lösung getränkt werden, damit man im Trockenreiniger arbeiten kann. Wolff schlägt auch ein Gemisch von Chlorkalk und Chromaten als Gasreinigungsmasse vor, doch steht die Brauchbarkeit dieser Mischung noch nicht fest. Nach A. Stern[1]) bewährt sich die Ullmann'sche Chromsäurelösung am besten, während das Frank'sche Verfahren (DRP. 99 490) in der Praxis den Uebelstand zeigt, daß die freie Säure durch Kalkstaub, Ammoniak im Gase u. s. w. neutralisirt und damit der Bildung von Acetylenkupfer Raum gegeben werden kann. Lundström ist der Meinung, das Acetylen erfahre bereits dadurch wirksame Reinigung, daß es bei den Entwicklern der dritten Gattung durch Kalkwasser und Kalkmilch aufwärts streichen müsse, so daß gewöhnlich einfaches Waschen des Gases mit Wasser genügt, um es gebrauchsfertig zu machen; nur bei viel Phosphorwasserstoff müsse man für seine vollständige Beseitigung besondere Sorge tragen.[2]) F. Ahrens hält die Chlorkalk-Bleichromatmischung von Wolff für nicht besser, als Chlorkalk allein, da das Chromat sich an der Reinigung des Acetylens gar nicht betheilige.[3]) Das Frank'sche Verfahren habe sich dagegen bewährt; nur bilde die saure Kupferchloridlösung einen gewissen Betrag der Verbindung $C_2H_2Cu_2Cl_2$. Auch die Ullmann'sche Chromsäurelösung sei ein gutes Reinigungsmittel. Ziemlich zu denselben Schlußfolgerungen gelangt W. Caro; namentlich hält er die Chlorkalkreinigung für minder brauchbar. Die Frank'sche oder die Ullmann'sche Reinigung werden sich am meisten empfehlen; als Zusatzreinigung kann man nach dem Vorschlage von A. Stern noch ein Durchleiten des gereinigten Acetylens durch Kohlenwasserstoffe, Paraffinöle u. s. w. benutzen, da hierdurch die letzten Spuren von Schwefel- und Phosphorverbindungen herausgewaschen werden. Bemerkt sei, daß Frankolin eine Mischung von Kieselguhr mit der Frank'schen und Heratol eine solche mit der Ullmann'schen Reinigungsflüssigkeit ist.

Acetylen als Leucht- und Heizgas und sonstige Verwendungen. Es sei zunächst auf die Schwierigkeiten und Gefahren der Acetylenbeleuchtung hingewiesen, über die J. Vörteß berichtet hat.[4]) Sie liegen in dem schrecklichen Geruch eines unzu-

1) Journ. f. Gasbel. 41. 1898 S. 749.
2) Chem. Ztg. 23. 1899 S. 180.
3) Ztschrft. f. angew. Chem. 1899 S. 660, 662.
4) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 174.

länglich gereinigten Acetylens und der gesundheitsschädlichen Wirkung eines solchen Gases; ferner an dem Umstande, daß feuchtes Acetylen niemals ganz verbrennt, so daß auch aus der Flamme unverbranntes Acetylen in die Luft entweicht (eine Möglichkeit, die übrigens von anderer Seite in Abrede gestellt wird); hauptsächlich aber im Rauchen der Flammen, dem man durch erhöhten Druck, durch die Brennerconstruction u. s. w. entgegenarbeiten muß. Weiter ist in den Rohrleitungen Abscheidung von flüssigen Kohlenwasserstoffen, Ansammlung von feinen Kohlentheilchen u. s. w. beobachtet worden. Endlich tritt in Räumen, in denen Acetylenflammen brennen, mitunter eine Art Nebel auf, der von Wasserdampf, Schwefeldioxyd, Phosphorpentoxyd, Ammoniak u. s. w. herrühren und Kopfweh und Schwindel erzeugen soll. Doch können alle diese Gase mit Ausnahme des Wasserdampfs, nur bei schlecht gereinigtem Acetylen in merklicher Weise auftreten. Nach Körting leiden die Acetylenbrenner auch heute noch unter Kohlenstoffablagerungen, welche die Oeffnungen verstopfen.[1]) Als normale Dauer eines Brenners giebt er 200 bis 300 Brennstunden an. Der Verbrauch des Brenners für die Kerzenstunde wird mit 0·6 l, der Preis von 1 cbm Acetylen mit 1 M. 60 Pf. angeführt. Es würde eine 25 kerzige Flamme kosten bei Acetylen 2½, bei Petroleum 1·8 und bei Gasglühlicht 1·1 Pf. Daraus soll hervorgehen, daß sich Acetylen nicht eigne für centrale Lichtversorgung. Dem letzteren Urtheile schließt sich T. Glover deshalb an, weil bei der gewöhnlichen Vertheilung des Gases, wie solche beim Leuchtgas üblich ist, bei Acetylen zu große Verluste eintreten würden.[2]) 1000 Kerzenstunden kosten nach Glover bei elektrischem Glühlicht 180 Pf., bei Leuchtgasflachbrenner 80, bei Acetylen 78, bei Leuchtgasargandbrenner 74 und im Auerbrenner 24 Pf. Die Vorzüge der Acetylenbeleuchtung liegen in der Farbe, die fast jener des Sonnenlichts gleicht, in der geringen Wärmeentwicklung bei der Verbrennung und der verhältnißmäßig geringen Verunreinigung, welche die Luft hierbei erfährt, und in der Möglichkeit, mit Hülfe des Acetylens einzelne Gebäude zu beleuchten unter Verzicht auf Anlage großer Centralen. A. Frank glaubt auch, das Acetylen werde seinen schärfsten Concurrenten, das Auerlicht besiegen,

1) Chem. Ztg. 23. 1899 S. 546.
2) Ebendas. 22. 1898 Rep. S. 83

da man ein Gemisch von Wassergas, Methan und Acetylen mit gleichem Effecte verbrennen könne.[1]) Ebenso eröffne die weiter unten zu besprechende Beleuchtung der Eisenbahnwagen mit Acetylenmischgas (35 Vol. Acetylen, 35 Vol. Oelgas) dem Acetylen ein neues Verwendungsgebiet. — A. Polis vergleicht das Acetylenlicht mit dem anderer Gase und findet bei stündlich 141·5 l Gasverbrauch bei Methan 5·2, Aethan 35·7, Propan 56·7, Aethylen 70·0, Butylen 123·0 und Acetylen 240·0 Kerzen.[2]) Den Preis für 1 cbm Acetylen berechnet er zu 160 Pf. K. Thomae setzt dafür nur 1 M. 17 Pf. ein und berechnet die Preise von 16 Kerzen pro Stunde im Leuchtgasschnittbrenner zu 2·56 Pf., im Leuchtgasargandbrenner mit 2, im Gasglühlicht mit 0·79, in der Petroleumlampe mit 1·34 und bei Acetylen mit 1·41 Pf. — Von H. Erdmann wird besonders die Reinheit in der Farbe des Acetylenlichtes als großer Vorzug gerühmt.[3]) Alle Farben erscheinen bei Acetylenbeleuchtung unverändert, selbst die rothen, die im elektrischen Lichte ihren Glanz verlieren, weil dieses arm an rothen Strahlen ist. Acetylenlicht eignet sich daher vor allem in den Räumen, in welchem Gemälde irgend welcher Art hergestellt oder betrachtet werden sollen.

Manche Uebelstände, die bei Verwendung des Acetylens zu Leuchtzwecken auftreten, lassen sich nach L. M. Bullier vermeiden, wenn man dem Acetylen indifferente oder auch brennbare Gase beimischt.[4]) Indifferente Gase liefern dabei die schönere Flamme von hellerer Farbe. Enthalten die Mischgase wenigstens 50 % Acetylen, so zeigen sie die Leuchtkraft der reinen Acetylenflamme. Für dieselbe Lichtintensität verändert sich bei demselben Brenner der Gasverbrauch mit der Zunahme des Acetylengehalts im Gemisch. Unvortheilhaft ist eine Zumischung von Stickstoff oder Kohlensäure, falls man nicht noch ein wenig Sauerstoff hinzufügt. Wenig Wasserstoff zum Acetylen ist günstig, am vortheilhaftesten aber eine Mischung aus Acetylen und Wassergas oder aus gleichen Raumtheilen Acetylen und Luft. Auch V. B. Lewes hält Acetylenmischgas in mancher Beziehung für vortheilhafter als reines Acetylen, dessen Flamme zum Rußen neigt, sehr

1) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 902.
2) Ztschrft. V. dtsch. J. 39. 1895 S. 1337. — 42. 1898 S. 533.
3) Chem. Ind. 21. 1898 S. 520.
4) Bull. Soc. Chim. (3) 17. 1897 p.. 646.

blendend ist und scharfe Schatten giebt.[1]) Luft kann nach ihm allerdings nicht verwendet werden, da das Gemisch explosibel sein würde. Sehr geeignet ist aber das Methan, und ebenso ist mit Methan gemischtes Acetylen ein besseres Carburationsmittel für Wassergas als reines Acetylen. Einem methanhaltigen (30 %) und mit Acetylen (5 %) aufgebessertem Wassergas glaubt Lewes eine große Zukunft als billigeres und besseres Ersatzmittel für Steinkohlenleuchtgas zusprechen zu müssen. H. Gerdes empfiehlt Mischungen von Acetylen und Fettgas zur Beleuchtung von Eisenbahnwagen.[2]) Ein Gemisch aus 30 % Acetylen mit 70 % Fettgas läßt sich gefahrlos comprimiren; statt des Fettgases kann auch Leuchtgas benutzt werden. Schon 20 % Acetylen heben die Leuchtkraft des besten Fettgases auf das Doppelte; 30 % Acetylen mit 70 % Steinkohlengas ist ein Gemisch von der Leuchtkraft des Fettgases.

Ueber Leuchtbrenner für Acetylen ist schon ziemlich ausführlich berichtet worden, so daß nur wenig nachzutragen ist. Bullier theilt sie ein in Strahlenbrenner (Lochbrenner), Schlitzbrenner, Brenner mit gepaarten Flammen, Cylinderbrenner mit doppelter Luftzuführung und Brenner, die in sich selbst eine Acetylenluftmischung erzeugen. Loch- und Schlitzbrenner werden nach ihm am häufigsten angewendet, leiden aber unter Verstopfung der Ausströmungsöffnungen. Diese Uebelstände sind bei den Zweiflammenbrennern (Braybrenner) vermieden, die aber eine sehr genaue Regulirung des Gasdrucks verlangen, da sonst an den Brennern röhrenartige Kohlenabsätze entstehen. Die Mischgasbrenner arbeiten tadellos, erfordern aber verhältnißmäßig hohen Druck des Acetylens, damit dasselbe stets genug Luft ansaugen kann. Die Cylinderbrenner sind für vorher erzeugtes Mischgas (siehe oben) bestimmt. Auch P. Wolff weist auf die Wichtigkeit genauer Druckregelung hin.[3]) Acetylen hat fast dasselbe specifische Gewicht wie Luft und braucht daher einen stärkeren Druck als das viel leichtere Steinkohlengas. In dem Maaße, wie der Druck des Acetylens zunimmt, wächst auch die Menge der angesaugten Luft. Letztere muß aber richtig bemessen sein, wenn die Flamme gut leuchten soll; ja noch mehr, sie muß auch viel inniger

1) Chem. Ztg. 22. 1898 Rep. S. 239.
2) Ztschrft. f. angew. Chem. 1898 S. 62.
3) Dingl. polyt. Journ. 308. 1898 S. 171.

mit dem Acetylen gemischt werden, als bei Leuchtgas nöthig sein würde, da das Acetylen viel stärkere Neigung zum Rußen der Flamme zeigt. Ein feststehender Druck für alle Brenner läßt sich nicht angeben; als mittleren Druck darf man 80 und als höchsten 150 mm annehmen. T. Schwarze beschäftigte sich besonders mit den Zweiflammen- oder Schmetterlingsbrennern mit gekreuzten Röhren (vgl. S. 349), bei denen alles darauf ankommt, daß die beiden Gasstrahlen von gleicher Stärke sind und sich genau in einer Mittelebene kreuzen.[1]) Jede Abweichung von dieser Regel schwächt die Ruhe und Lichtstärke der Flamme. Er wird deshalb die Verwendung des Universalbrenners von Marbec empfohlen, bei dem die Brenner gegenseitig verstellbar sind. K. Thomae hält es für praktischer, die Luft in die äußeren Theile der Flamme einzupressen, als sie mit dem Gase im Brennerkopf zu mischen. Die Flamme zeigt nämlich im unteren Theile in Folge des Zerfalls von Acetylen eine so hohe Temperatur, daß Kohlenstoff und Wasserstoff wohl glühend werden, aber nicht verbrennen können, da die Dissociationstemperatur von Kohlensäure und Wasser überschritten ist. Erst im oberen Drittel der Flamme sinkt die Temperatur soweit, daß diese Verbrennung stattfinden kann, und somit würde im Brennerkopf zugeleitete Luft bis dahin als wirkungsloses, wohl aber Wärme absorbirendes Gas mitgeführt werden müssen.

Wo etwa ein Laboratorium allein Acetylengasbeleuchtung hätte, ist es wichtig, das Acetylen für Heizzwecke verwendbar zu machen. Die Benutzung gewöhnlicher Bunsenbrenner ist unmöglich, da in ihnen die Flamme zurückschlägt. Ein solches Zurückschlagen ist bei eigentlichen Acetylenbrennern nach P. Wolff auch dann nicht gefährlich, wenn dieselben mit sehr explosiblen Acetylen-Luftmischungen gespeist werden.[2]) Die Gaszuleitungsrohre sind im Brenner höchstens 0·5 mm weit, die Brenneröffnungen noch enger, so daß die zurückschlagende Flamme stets verlöscht. Für Heizzwecke müssen aber natürlich besonders construirte Brenner verwendet werden. So hat A. E. Murby ein Acetylengebläse für Löthrohrarbeiten, Schmelzarbeiten u. s. w. und einen Bunsenbrenner für Acetylen beschrieben.[3]) Bei letzterem muß das Rohr

1) Gesundheits-Ingenieur 21. 1898 S. 305.
2) Journ. f. Gasbel. 41. 1898 S. 338.
3) Nature 54. 1896 p. 414. — Chem. Centralbl. 1897² S. 1.

wenigstens an der Mündung bis auf 5 mm verengt sein; die Oeffnung für den Acetyleneintritt darf bei 15·24 cm Wasserdruck nur 28·32 l engl. Acetylen in der Stunde durchgehen lassen. Die Flamme eines solchen Brenners ist zwar sehr klein, aber viel heißer als die des Leuchtgases im gewöhnlichen Bunsenbrenner (für gleiche Volumina Gasverbrauch giebt Acetylen doppelt soviel Hitze wie Leuchtgas). Auch die Firma Max Kaehler und Martini in Berlin bringt einen ähnlichen Bunsenbrenner für Acetylen in den Handel.[1])

Noch sei der Vorschlag von J. Billweiler erwähnt, die Phosphorpentoxydnebel, die beim Verbrennen von phosphorwasserstoffhaltigem Acetylen entstehen, im Cylinder der Lampe zu absorbiren, indem man hier ein Sieb anbringt, auf dem mit Potaschelösung getränkter Bimsstein ruht.[2]) Besser wird es jedenfalls sein, das Gas vorher zu reinigen.

Viele Versuche liegen vor und besondere Einrichtungen sind getroffen worden, die sich auf Beleuchtung von Eisenbahnwagen mit Acetylen beziehen. Nach Versuchen, welche die Firma J. Pintsch angestellt hat, ist comprimirtes reines Acetylen für diesen Zweck zu gefährlich, während die Verwendung eines Gemisches aus 30 % Acetylen und 70 % Steinkohlen- oder Fettgas keine Gefahr mehr hat.[3]) Zahlreiche Proben wurden angestellt, und die (in Tabellenform angeführten) Ergebnisse bestätigen durchaus das oben ausgesprochene Urtheil. Dabei bietet eine Acetylen-Fettgasmischung gegenüber dem Fettgase oder Steinkohlengase in der Wagenbeleuchtung ganz erhebliche Vortheile, denn die Leuchtkraft des Gemisches ist 4 mal so groß wie die des Fettgases allein, der Preis aber nicht höher. — Bei französischen Eisenbahnen ist angeblich auch Reinacetylen im comprimirten Zustande erfolgreich verwendet worden, so durch die Compagnie d' Est, die sich nur darüber beklagt, daß die Brenner aller drei bis vier Tage gereinigt werden müßten.[4]) Doch ist nach dem Chemiker der französischen Westbahn, A. Guilbert, auch diese schließlich zur Benutzung von comprimirtem Mischgase übergegangen. Oelgas mit 25 %

---

1) Ztschrft f. angew. Chem. 1898 S. 906.
2) Dingl. polyt. Journ. 308. 1898 S. 217, 237, 255.
3) Wagners Jahresbericht 1897 S. 108.
4) Dingl. polyt. Journ. 308. 1898 S. 254. — Ztschrft. f. angew. Chemie 1899 S. 659.

Acetylen ergab die doppelte Leuchtkraft des Oelgases allein. Das günstigste Verhältnis zeigten aber Oelgas mit 40 bis 50 % Acetylen und Acetylen-Leuchtgasgemische. — Auch zur Beleuchtung von Bergwerken wird nach J. Ohly der Acetylen mit bestem Erfolge benutzt [1]), und zwar bedient man sich dabei direct mit dem Entwickler verbundener Brenner, die hinter der Flamme einen beweglichen Reflector tragen. Man kann auf diese Weise das Licht nach jeder gewünschten Richtung werfen und erzielt weit bessere Beleuchtung als mit anderen künstlichen Lichtquellen.

Vielfach wird Acetylen zum Betriebe von Gasmaschinen vorgeschlagen. A. v. Ihering empfiehlt dabei verflüssigtes Acetylen, A. Frank direct vom Entwickler zugeleitetes Gas. Beide aber glauben, das Acetylen als für diesen Zweck durchaus geeignet bezeichnen zu dürfen.[2]) Auch R. Lüpke findet, daß Acetylen dem Leuchtgas oder dem Wasserstoff an „Arbeitsfähigkeit" überlegen ist; aber die zur Gewinnung von Calciumcarbid nöthige Energie ist zu theuer, als daß Acetylen für Motorenbetrieb dem Leuchtgas den Vorrang streitig machen könnte.[3]) Schrey stellt fest, daß bei Verwendung von Acetylen in der Gaskraftmaschine hauptsächlich zu beachten sind: die große Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Acetylenflamme, die niedrige Entflammungs- und die hohe Verbrennungstemperatur des Gases, endlich die außergewöhnlich heftige Explosion von Acetylen-Luftgemischen.[4]) Deshalb muß die Schmierung der Cylinder beim Acetylengasmotorenbetriebe verdoppelt werden; auch beeinflußt die Kühlung des Cylinders die Arbeit erheblich mehr als bei Leuchtgas. Die geleistete Arbeit nimmt von einem gewissen Punkte an in dem Maaße ab, in welchem der Acetylengehalt des Gas-Luftgemisches wächst. F. Fikentscher giebt zwar auf Grund eigner Beobachtung an, daß man zur Zeit stoßfrei arbeitende Acetylenmotoren besitze; aber die Kosten stellen sich beim Betriebe mit Acetylen wie 4 : 1 beim Betriebe mit Leuchtgas.[5]) Das eigentliche Gebiet der Acetylenverwendung wird also im Bereiche der Beleuchtung liegen. Hieran dürften auch zahlreiche Vorschläge zu anderweiter Verwen-

1) Chem. Ztg. 22. 1898 S. 40.
2) Journ. f. Gasbel. 38. 1895 S. 549, 565, 675.
3) Chem. Centralbl. 1895² S. 859.
4) Dingl. polyt. Journ. 303. 1897 S. 275.
5) Ztschrft. f. angew. Chem. 1899 S. 438.

dung des Acetylens nichts ändern. So läßt es sich allerdings zu verschiedenen Synthesen organischer Verbindungen benutzen, z. B. von Cyaniden, Alkohol, Benzol u. s. w. Aber in allen diesen Fällen ist an eine industrielle Verwerthbarkeit vorläufig nicht zu denken. Vielleicht hat aber die von Kalckhoff empfohlene Gewinnung von Ruß aus Acetylen eine gewisse Bedeutung.[1]) Der Acetylenruß ist äußerst leicht und vollkommen schwarz, auch ganz frei von theerigen Bestandtheilen. E. Hubon giebt mehrere Darstellungsmethoden für „Acetylenschwarz" an; z. B. soll Acetylen unter etwa 2 Atm. Druck aus einem Stahlcylinder strömen und durch den elektrischen Funken oder einen glühenden Draht zur Entzündung und Zersetzung unter Abscheidung des Kohlenstoffs veranlaßt werden. Die Acetylenflamme soll drei- bis viermal so viel Ruß liefern, als eine Oelgasflamme von gleichem Gasverbrauch. — Nur kurz bemerkt sei, daß H. G. Söderbaum das Acetylen als Reagens für Kupfer in die quantitative Analyse eingeführt hat[2]); es sind auch, und theilweise mit gutem Erfolge, quantitative Scheidungen von Kupfer und Zink, Cadmium oder Arsen versucht worden.

---

1) Ztschrft. V. dtsch. Ing. 42. 1898 S. 534. — Chem. Ztg. 22 1898 Rep. S. 222.
2) Berl. Ber. 30. 1897 S. 902, 3014.

Nekrolog

für das Jahr 1898.

Georg Adler, Commerzienrath, bedeutender Industrieller in Buchholz, dem Sachsen die Einführung der Cartonnagenfabrikation zu verdanken hat, † daselbst am 19. März.

Leo Arnoldi, Commerzienrath, Erbauer der Gaisberg- und Schneebergbahn, Mitunternehmer der Bauarbeiten am Eisernen Thor, † zu Wien in der Nacht zum 5. Mai im 55. Lebensjahre.

Andreas Arzruni, Professor für Mineralogie und Petrographie an der technischen Hochschule in Aachen, † in Honnef a. Rhein am 22. September.

Otto Baensch, Wirkl. Geh. Oberbaurath, der berühmte Erbauer des Nord-Ostsee-Kanals, † in Berlin am 7. April, 73 Jahre alt.

Ernest Bazin, französischer Schiffsingenieur, Erfinder und Constructeur des vielgenannten Rollschiffs, auch Erfinder einer neuen Baggerconstruction, † Mitte Januar in Paris, 71 Jahre alt.

Sir Henry Bessemer, der berühmte Erfinder der seinen Namen tragenden Methode der Flußstahlerzeugung, die den großen Aufschwung der modernen Eisenindustrie zur Folge hatte, 1813 in Hertfordschira geboren, † in London am 15. März.

Eugen v. Boch, Geh. Commerzienrath, bis 1878 an der Spitze der weltbekannten großen keramischen Firma Villeroy & Boch, † in Mettlach am 11. November, 89 Jahre alt.

Friedrich Bömches, früher Hafenbaudirector, Schöpfer der neuen Hafenanlagen in Triest, † in Wien am 22. März.

Latymer Clark, namhafter englischer Elektriker, lange Jahre hindurch technischer Diretor der Electric Telegraph Company, † in London am 29. October, 76 Jahre alt.

Alfred Dietrich, Wirkl. Geh. Admiralitätsrath, Chefconstructeur der kaiserl. dentschen Marine, Professor an der technischen Hochschule in Charlottenburg, hochverdient um die Entwicklung der deutschen Schiffbautechnik, † in Berlin am 6. September, 55 Jahre alt.

G. Dragendorff, kaiserl. russ. wirkl. Staatsrath, bis 1894 Professor für Pharmacie und Director des pharmaceut. Instituts an der Universität Dorpat, Verfasser zahlreicher fachwissenschaftlicher Arbeiten, † in Rostock am 7. April, 62 Jahre alt.

Wilhelm Fischer, Realgymnasialdirector a. D. in Bernburg, namhafter Mathematiker und bekannter Alterthumsforscher, † in Bernburg am 5. März im 77. Lebensjahre.

Sir John Fowler, berühmter englischer Ingenieur, Erbauer der londoner Untergrundbahn und der riesigen Brücke über den Firth of Forth, † in Bournemouth am 20. November, 71 Jahre alt.

Charles Garnior, Architekt, Erbauer der Großen Oper in Paris uud des Casinos in Monaco, Mitglied der Akademie der Künste, † in Paris am 3. August, 73 Jahre alt.

Julius Gebauer, Geh. Oberberg- u. Baurath, bis April 1898 Decernent für bautechnische Angelegenheiten im preuß. Handelsministerium, Docent an der Bergakademie, † in Berlin am 13. Juli.

Ewald Albert Geißler, königl. Apothekenrevisor in Dresden, bis 1898 Professor für Chemie, Physik und Waarenkunde an der thierärztl. Hochschule daselbst, auch Fachschriftsteller, † in Dresden am 15. October, 50 Jahre alt.

K. Gimbel, Geh. Oberregierungsrath, vortragender Rath im Reichseisenbahnamt, Autorität auf dem Gebiet der technischen Mechanik und ihrer Anwendung auf dem Brückenbau, † in Berlin am 30. Juli, 62 Jahre alt.

Aimé Girard, Mitglied des Französischen Instituts, Professor für industrielle Chemie am Conservatoire des arts et métiers in Paris, Verfasser wissenschaftlicher Arbeiten über die Zuckerrüben- und Kartoffelkultur, † in Paris am 12. April, 68 Jahre alt.

Paul Glänzel, Großindustrieller und Fabrikbesitzer in Chemnitz, Inhaber der weltbekannter Firma Wex & Söhne, um die Entwicklung der chemnitzer Textilindustrie verdient, † dasebst am 6. Mai.

A. W. Gustav Goetz, Commerzienrath, ältester Chef der Eisengießerei von Goetz & Nestmann in Leipzig, Vorsitzender des Vorstandes der Sächsisch-thüring. Eisen- und Stahl-Berufsgenossenschaft, Ehrenbürger der Stadt Leipzig, † daselbst am 16. December, 77 Jahre alt.

Karl Wilh. v. Gümbel, königl. bayer. Geheimrath und Oberbergdirector, Mitglied der bayer. Akademie der Wissenschaften, ausgezeichneter Geolog, † in München am 28. Juni, 75 Jahre alt.

James Hall, Professor, namhafter amerikanischer Geolog, Verfasser einer großen Reihe wissenschaftlicher Veröffentlichungen, † in Albany, (Staat New-York) im August, 87 Jahre alt.

Richardt v. Hardt, Geh. Commerzienrath, Inhaber der großen Exportfirma Hardt & Co. in Berlin, ein eifriger Förderer von Handel und Industrie, um das Emporblühen des deutschen Ausfuhrhandels verdient, † in Berlin am 29. September im 75. Lebensjahre.

Albert Hoesch, Vorstand der Actiengesellschaft Eisen- und Stahlwerke Hösch in Dortmund, hervorragender Industrieller, † in Dortmund in der Nacht zum 2. März.

Eduard Jansen, Dr. med., Geh. Commerzienrath in Dülken, hervorragender Industrieller der Textilbranche, längjähriger Vor-

sitzender des Vereins für die wirthschaftlichen Interessen Rheinlands und Westfalens, † zu Dülken am 26. October, 68 Jahre alt.

Karl Köbrich, Bergrath in Schönebeck, als Oberbohrdirigent um die Vervollkommnung des Bohrwesens durch zahlreiche Erfindungen verdient, † in Bozen am 1. Mai.

Wilh. Kochs, Professor, Privatdocent der Physiologie an der Universität Bonn, Erfinder einer Methode, das im Fleisch enthaltene Eiweiß in peptonisirter Form zu gewinnen, † in Bonn in der Nacht vom 15/16. October, 46 Jahre alt.

Eduard Keller, Commerzienrath, lange Zeit hindurch bis in die Mitte der 80er Jahre Director der Sächs. Maschinenfabrik, vormals Richard Hartmann in Chemnitz, † in Dresden am 22. Januar.

Adolf Lasard, früher Director der Vereinigten deutschen Telegraphengesellschaft, Schöpfer der deutschen unterseeischen Kabelverbindungen, † in Nizza am 15. September im 74. Lebensjahre.

v. Leibbrand, Vorstand der württemberg. Ministerialabtheilung für Straßen- und Wasserbau, hervorragender Brückenbauingenieur, † in Stuttgart, am 14. März, 59 Jahre alt.

Ernst Leuschner Geh. Bergrath, Oberberg- und Hüttendirector der Mansfelder Gewerkschaft, † zu Eisleben in der Nacht znm 3. Mai im 72. Lebensjahre.

Richard Lüddecke, bekannter Kartograph, seit 15 Jahren an der geograph. Anstalt von Justus Perthes in Gotha thätig, † daselbst am 10. Januar, 39 Jahre alt.

Siegfried Marcus, einer der namhaftesten Mechaniker und Elektriker Oesterreichs, lange Zeit Mitarbeiter von Auer v. Welsbach, † in Wien Anfang Juli.

Hermann Heinrich Meier, einer der angesehensten Großkaufleute und Rheder Bremens, der Begründer des Norddeutschen Lloyd, um den heutigen Aufschwung von Handel und Schiffahrt der Hansestadt hochverdient, durch umfassendes gemeinnütziges Wirken in weiten Kreisen bekannt, † in Bremen am 17. November, 89 Jahre alt.

Friedrich Meyer, Professor der Mathematik am Stadtgymnasium in Halle a. S., 1894 von der dortigen Hochschule wegen seiner Verdienste um die Förderung der Mathematik im Schulwesen zum Ehrendoctor ernannt, † daselbst am 5. December.

Eugen Mohr, Geh. Baurath, hervorragender Wasserbautechniker, der den Bau des Oder-Spree-Kanals durchgeführt hat, † in Königsberg am 3. Juli, 58 Jahre alt.

Karl v. Oberleithner, Großindustrieller, Chef der Firma Oberleithner & Söhne in Mährisch-Schönberg, um die Leinenindustrie verdient, † in Arco am 10. October im 71. Lebensjahre.

Heinrich Pieper, Waffenfabrikant in Lüttich, Begründer der 1889 dort ins Leben gerufenen Internationalen Elektricitätsgesellschaft, 1841 in Deutschland geboren, † in Lüttich am 23. August.

August Pollmann, ehemals Docent an der landwirthschaftl. Akademie zu Poppelsdorf bei Bonn, einer der erfolgreichsten Förderer der Bienenzucht, Autorität auf diesem Gebiete, † in Bonn am 16. Mai, 85 Jahre alt.

Theodor Hieronymus Richter, Geh. Bergrath, Professor und von 1875—1896 Director der Bergakademie in Freiberg, mit Dr. Reich, Entdecker des Indiums, † in Freiberg am 25. September, 73 Jahre alt.

Michele Stefano, Graf de Rossi, dem die Erdbebenkunde das Werk über „Tallurische Stürme", sowie die Einrichtung von Erdbebenwarten und Instrumente zur Voraussagung von Erdbeben verdankt, † im November auf seinem Schlosse zu Rocca di Papa in Agro Romano.

Michael Sager, königl. baierischer Baurath, hervorragender Eisenbahnfachmann, um den Ausbau des österreich. Eisenbahnnetzes verdient, † in München am 6. Januar, 73 Jahre alt.

Giulio Salviati, Chef der berühmten venezianischen Glas- und Mosaikfabriken, † in London am 4. März, 59 Jahre alt.

Fridolin v. Sandberger, Geh. Rath, früher Professor der Mineralogie und Geologie, sowie Vorsteher des mineralog. Instituts an der Universität Würzburg, hochgeschätzter Schriftsteller seines Faches, † in Würzburg am 10. April, 72 Jahre alt.

Hermann Schapira, Professor der Mathematik an der Universität Heidelberg, † in Köln in der zweiten Maiwoche, 58 Jahre alt.

Rudolf Schmitt, ehemaliger Professor der Chemie an der technischen Hochschule in Dresden, † in Radebeul am 18. Februar.

W. v. Schröder, Professor für Pharmakologie und Director des Pharmakolog. Instituts in Heidelberg, † daselbst am 28. Januar, 48 Jahre alt.

Karl Schumann, Baurath und Baudirector der Wiener Baugesellschaft, Erbauer des wiener Staatsbahnhofs, † in Wien Anfang Mai, 70 Jahre alt.

Albert Ludwig Serlo, Oberberghauptmann und Ministerialdirector a. D., von 1878 bis 1884 an der Spitze der preußischen Bergverwaltung, † in Charlottenburg in der Nacht zum 14, November, 74 Jahre alt.

Matthias Sluka, Professor der Mathematik, Geodäsie und Baukunde an der Forstlehranstalt zu Weißwasser (Böhmen), † daselbst Anfang August, 83 Jahre alt.

Ernst Theodor Stöckhardt, großherzogl. sächs. Geh. Regierungsrath a. D., hervorragender Landwirthschaftslehrer, ehem. Director der landw. Lehranstalt an der Universität Jena, um Landwirthschaft und Gewerbe im Großherzogth. Sachsen verdient, † in Bautzen am 27. März, 82 Jahre alt.

Rudolf Stölzle, Chef der Wiener Glasfabriksfirma C. Stölzle's Söhne, um die Glasindustrie Oesterreichs verdient, † in Venedig am 31. März, 56 Jahre alt.

Knud Styffe, Professor, Rector der technischen Hochschule in Stockholm, hervorragender Technolog, verdient um die Hebung der Eisen- und Stahlindustrie seines Vaterlandes, † in Stockholm am 6. Februar.

Armin Tenner, der Begründer der deutschen Carbid- und Acetylenindustrie, † in Berlin am 20. Juni, 52 Jahre alt.

Hermann Wilhelm Vogel, Professor der Photographie und Spectralanalyse an der technischen Hochschule in Charlottenburg, † daselbst am 17. December, 64 Jahre alt.

Johann Eliza de Vrij, niederländischer Pharmakolog, verdient durch seine Studien und praktischen Versuche über die Cultivierung der Chinarinde, † in 's Gravenhage in der ersten Augustwoche, 85 Jahre alt.

Eduard Wiederhold, namhafter Chemiker, Begründer des Gewerbemuseums in Kassel, † daselbst am 11. Januar, 62 Jahre alt.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.